

541411

(12)特許協力条約に基づいて公開された国際出願

(19) 世界知的所有権機関
国際事務局(43) 国際公開日
2004 年 7 月 22 日 (22.07.2004)

PCT

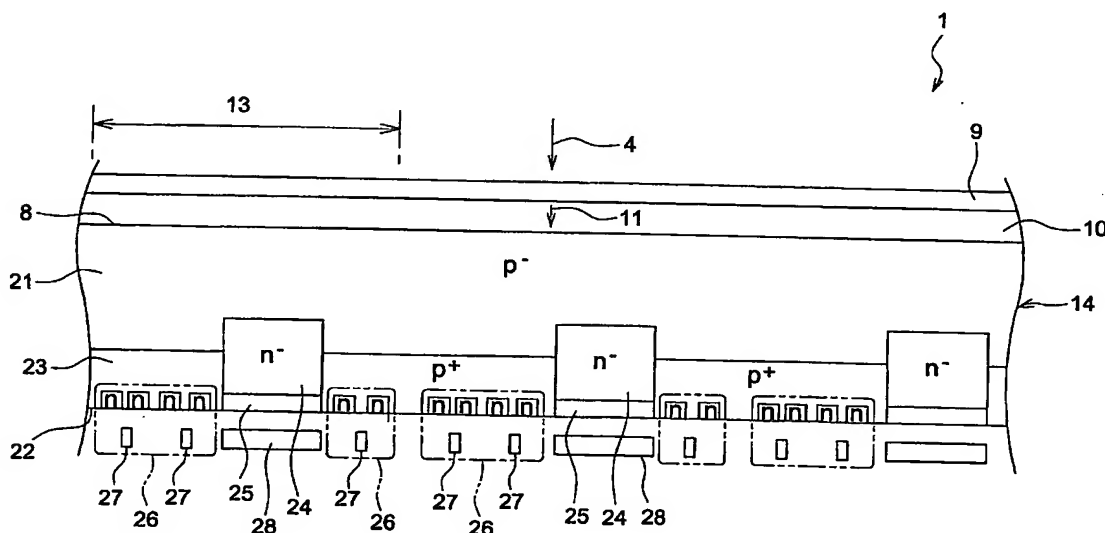
(10) 国際公開番号
WO 2004/061965 A1

- (51) 国際特許分類⁷: H01L 27/14, 27/146, 27/148 (72) 発明者; および
(21) 国際出願番号: PCT/JP2003/016862 (75) 発明者/出願人 (米国についてのみ): 武藤 秀樹 (MUTO, Hideki) [JP/JP]; 〒250-0055 神奈川県 小田原市 久野 2 9 1 番地の 4 Kanagawa (JP).
(22) 国際出願日: 2003 年 12 月 26 日 (26.12.2003)
(25) 国際出願の言語: 日本語 (74) 代理人: 河宮 治, 外 (KAWAMIYA, Osamu et al.); 〒540-0001 大阪府 大阪市 中央区 城見 1 丁目 3 番 7 号 IMPビル 青山特許事務所 Osaka (JP).
(26) 国際公開の言語: 日本語
(30) 優先権データ: 特願 2003-117 2003 年 1 月 6 日 (06.01.2003) JP (81) 指定国 (国内): AE, AG, AL, AM, AT, AU, AZ, BA, BB, BG, BR, BW, BY, BZ, CA, CH, CN, CO, CR, CU, CZ, DE, DK, DM, DZ, EC, EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, HR, HU, ID, IL, IN, IS, KE, KG, KR, KZ, LC, LK, LR, LS, LT, LU, LV, MA, MD, MG, MK, MN, MW, MX, MZ, NI, NO, NZ, OM, PG, PH, PL, PT, RO, RU, SC, SD, SE, SG,
(71) 出願人 および
(72) 発明者: 江藤 剛治 (ETOH, Takeharu) [JP/JP]; 〒562-0022 大阪府 箕面市 粟生間谷東 7 丁目 2 1 番 2 号 Osaka (JP).

[続葉有]

(54) Title: BACK-ILLUMINATED IMAGING DEVICE

(54) 発明の名称: 裏面照射型撮像素子



(57) Abstract: A back-illuminated imaging device comprises a conversion layer (23), a charge collecting part (24), and suppressing regions (23, 29). The conversion layer (23) is provided for each of pixels constituting a two-dimensional array on the side of an illuminated surface (102) on which radiation is incident. The conversion layer (23) converts the incident radiation into signal charge. The charge collecting part (24) extends from the conversion layer (23) toward the front side (22) opposite to the incident surface (8) so as to collect the signal charge produced in the conversion layer (23). The suppressing regions (23, 29) are arranged between the conversion layer (23) and a peripheral circuit (26) so as to suppress the flow of the signal charge from the conversion layer (21) into the peripheral circuit (26).

(57) 要約: 裏面照射型撮像素子は、変換層 23、電荷収集部 24、及び抑制領域 23、29 を備える。変換層 23 は、入射線が入射する入射面 102 側に設けられ、入射線を信号電荷に変換し、かつ 2 次元配列を構成する複数の画素のそれぞれについて設けられている。電荷収集部 24 は、変換層 23 から入射面 8 とは反対の表面 22 側へ延び、変換層 23 で生じた信号電荷を収集する。抑制領域 23、29 は、変換層 23 と周辺回路 26 の間に設けられ、変換層 23 から入射面 8 とは反対の表面 22 側へ延び、変換層 23 で生じた信号電荷を収集する。抑制領域 23、29 は、変換層 23 と周辺回路 26 の間に設けられ、変換層 23 から入射面 8 とは反対の表面 22 側へ延び、変換層 23 で生じた信号電荷を収集する。

[続葉有]

WO 2004/061965 A1



SK, SL, SY, TJ, TM, TN, TR, TT, TZ, UA, UG, US, UZ,
VC, VN, YU, ZA, ZM, ZW.

添付公開書類:

— 国際調査報告書

(84) 指定国 (広域): ヨーロッパ特許 (AT, BE, BG, CH, CY,
CZ, DE, DK, EE, ES, FI, FR, GB, GR, HU, IE, IT, LU, MC,
NL, PT, RO, SE, SI, SK, TR).

2文字コード及び他の略語については、定期発行される
各PCTガゼットの巻頭に掲載されている「コードと略語
のガイダンスノート」を参照。

明 細 書

裏面照射型撮像素子

技術分野

5 本発明は、裏面照射型撮像素子に関する。特に、本発明は、科学及び技術の分野での計測用途の撮影に適した裏面照射型撮像素子に関する。

背景技術

10 チップの電極等が配置された面（表面）とは反対側の面（裏面）から、可視光等の入射線を入射させる裏面照射型撮像素子が知られている（例えば、特開平9-331052号公報参照）。この裏面照射型撮像素子では、各画素の変換部（例えば入射線が可視光線である場合には光電変換部）がチップの裏面側に設けられ、A/D変換器や信号蓄積部のような信号電荷に何らかの処理を行う部分（電荷処理部）がチップの表面側に設けられる。

15 裏面照射型撮像素子は100%に近い開口率を得ることができるので、非常に高い感度を実現することができる。従って、天文学、電子顕微鏡の分野等の高感度が必要となる用途では、裏面照射型撮像素子が使用されることが多い。また、画像1枚あたりの露光時間が短くなる高速度撮影にも、高感度を有する裏面照射型撮像素子が適している。

20 裏面照射型撮像素子における主たる問題としては、電荷処理部への信号電荷の混入がある。詳細には、拡散や回り込みにより、変換部で発生した光電子等の信号電荷が電荷処理部の本来その信号電荷が流入すべきでない部分に混入する。この混入した信号電荷は、電荷処理部の機能を阻害する。

25 裏面照射型撮像素子における他の問題としては、光の透過がある。裏面照射型撮像素子では、チップの厚さを極力薄くする必要がある。これはチップが厚いと入射線に応じて発生した電荷が機能領域に到達する間に、隣接する画素間で信号電荷が互いに混入したり、チップ内の結晶欠陥に起因するノイズが信号電荷に混入するからである。このようにチップの厚さが薄いため、透過性の強い（吸収係数の小さい）長波長側の光が表面側の機能領域まで達し、機能領域内で好ましくない不要の電荷を発生させる。この電荷も機能領域に設けられた要素の機能を阻

害する。

本発明者らは、画素内又はその近傍に直線状の信号蓄積部を備える画素周辺記録型撮像素子 (In-situ Storage Image Sensor: I S I S) を開発した。例えば、以下の文献がある。特開 2 0 0 1 - 3 4 5 4 4 1 号公報 ; 江藤剛治他、「1 0 3 枚連続撮影のための 1 0 0 万枚/秒の C C D 撮像素子 (A CCE Image Sensor of 1M frames/s for Continuous Image Capturing of 103 Frames)」、技術論文要約 (Digest of Technical Papers)、2 0 0 2 年 I E E E 固体回路国際会議 (2002 IEEE International Solid-State Circuits Conference)、2 0 0 2 年、第 4 5 巻、p. 4 6 - 4 7 ; 江藤剛治、外 4 名、「斜行直線 C C D 型画素周辺記録領域を持つ 1 0 0 万枚/秒の撮像素子」、映像情報メディア学会誌、社団法人映像情報メディア学会、2 0 0 2 年、第 5 6 巻、第 3 号、p. 4 8 3 - 4 8 6。この画素周辺記録型撮像素子に裏面照射構造を採用した場合、前述の信号電荷の混入と光の透過に起因する問題が特に顕著となる。

15 発明の開示

本発明は、裏面照射型撮像素子における信号電荷の混入防止及び光の透過に起因する不要な電荷の発生防止を課題とする。

本明細書において、「入射線」という語は、撮像素子に対して入射する検出対象となるエネルギー又は粒子の流れをいい、紫外線、可視光線、及び赤外線等の光を含む電磁波、電子、イオン、及び正孔のような荷電粒子の流れ、並びに X 線に加え α 線、 γ 線、 β 線、及び中性子線を含む放射線を包含する。

本発明は、入射線が入射する入射面側に設けられ、前記入射線を信号電荷に変換し、かつ 2 次元配列を構成する複数の画素のそれぞれについて設けられた変換部と、前記変換部から前記入射面とは反対の表面側へ延び、前記変換部で生じた信号電荷を収集する電荷収集部と、前記表面側に設けられ、前記電荷収集部で収集された信号電荷を処理する電荷処理部と、前記変換部と前記電荷処理部の間に設けられ、前記変換部から前記電荷処理部への前記信号電荷の流入を抑制する抑制領域とを備えることを特徴とする裏面照射型撮像素子を提供する。

変換部と電荷変換部の間に抑制領域を備えるので、変換処理部で発生した信号

電荷が、拡散や回り込みによって電荷収集部ではなく電荷処理部に流入するのを防止することができる。従って、かかる信号電荷の電荷処理部への混入に起因するノイズの発生等を防止することができる。

5 具体的には、前記変換部、前記電荷収集部、前記電荷処理部、及び前記抑制領域は、半導体材料からなり、前記変換部は第1の導電型を有し、前記電荷収集部は第2の導電型を有し、かつ前記抑制領域は、前記第1の導電型を有するが導電型不純物の濃度が前記変換部よりも高く、前記信号電荷処理部がその中に埋め込まれ、かつ信号電荷収集部が貫通している電荷阻止層を備える。

10 信号電荷が電子の場合、第1の導電型がp型で第2の導電型はn型である。信号電荷が正孔の場合、第1の導電型がn型で第2の導電型はp型である。

好ましくは、前記抑制領域は、第2の導電型を有し、前記変換部と前記電荷阻止層との間に介在し、かつ前記電荷収集部と入射面側の端部と連続する電荷収集層をさらに備える。

15 変換部で発生した信号電荷はいったん電荷収集層に信号電荷が集まり、第2の抑制部の信号電荷が水平方向に移動して電荷収集部に収集される。従って、電荷収集層を設けることで、電荷処理部への信号電荷の混入をより効果的に防止することができる。

電荷処理部の機能及び構造は特に限定されない。例えば、前記電荷処理部は、前記信号電荷をアナログ信号からデジタル信号に変換するA/D変換器である。

20 本発明は画素周辺記録型撮像素子にも適用することができる。すなわち、前記電荷処理部は、各画素内部又はその近傍に設けられ、前記信号電荷を蓄積する信号電荷蓄積部であってもよい。裏面照射型の特徴である高感度と、画素周辺記録型の特徴である非常に高い撮影速度とを併せ持ち、かつ信号電荷が信号電荷蓄積部に混入することによるノイズの発生を防止することができる。

25 前記入射線は光である場合、前記入射面に配置され、かつ前記入射面から前記電荷処理部に透過して前記電荷処理部で前記信号電荷と同種の電荷を発生させる波長の光を遮断する光学フィルタをさらに備えてもよい。電荷処理部に直接光が到達して不要な電荷を発生し、画質低下の原因となるのを防止することができる。

また、本発明は、前記裏面照射型撮像素子を備える電子顕微鏡及び撮影装置を

提供する。

本発明の裏面照射型撮像素子では、変換部と電荷処理部の間に抑制領域を備えるので、変換部で発生した信号電荷が、拡散や回り込みによって電荷収集部ではなく電荷処理部に流入するのを防止することができる。従って、かかる信号電荷の電荷処理部への混入に起因するノイズの発生等を防止することができる。

図面の簡単な説明

本発明の他の目的及び特徴は、添付図面を参照した好適な実施形態に関する以下の説明により明らかとなる。

図1は、本発明の第1実施形態に係る裏面照射型撮像素子を備える透過型電子顕微鏡を示す概略図。

図2は、本発明の第1実施形態に係る裏面照射型撮像素子の概略的な正面図。

図3は、図2のIII-III線での断面図。

図4は、図2のIV-IV線での断面図。

図5は、第1実施形態に係る裏面照射型撮像素子が備えるA/D変換器の概略図。

図6は、本発明の第2実施形態に係る裏面照射型撮像素子を示す図2のIII-III線での断面図。

図7は、本発明の第2実施形態に係る裏面照射型撮像素子を示す図2のIV-IV線での断面図。

図8は、本発明の第3実施形態に係る裏面照射型撮像素子を示す図2のIII-III線での断面図。

図9は、本発明の第3実施形態に係る裏面照射型撮像素子を示す図2のIV-IV線での断面図。

図10は、本発明の第4実施形態に係る裏面照射型撮像素子を示す図2のIII-III線での断面図。

図11は、本発明の第4実施形態に係る裏面照射型撮像素子を示す図2のIV-IV線での断面図。

図12は、本発明の第5実施形態に係る裏面照射型撮像素子を備える高速カメラ

ラを示す概略図。

図13は、本発明の第5実施形態に係る裏面照射型撮像素子を示す概略的な正面図。

図14は、図13の部分拡大図。

5 図15は、図13のXV-XV線での断面図。

図16は、図13のXVI-XVI線での断面図。

図17は、図13のXVII-XVII線での断面図。

図18は、本発明の第6実施形態に係る裏面照射型撮像素子を示す図13のXV-XV線での断面図。

10 図19は、本発明の第6実施形態に係る裏面照射型撮像素子を示す図13のXVI-XVI線での断面図。

図20は、本発明の第6実施形態に係る裏面照射型撮像素子を示す図13のXVII-XVII線での断面図。

15 発明を実施するための最良の形態
(第1実施形態)

図1は、本発明の第1実施形態に係る裏面照射型撮像素子1を備える透過型電子顕微鏡2を示す。この透過型電子顕微鏡2は、電子銃3から試料5に電子流4

20 (入射線)を照射し、透過した電子流4を裏面照射型撮像素子1に結像させる。
6A~6Cは磁界レンズである。電子銃3、試料5、裏面照射型撮像素子1、及び磁界レンズ6A~6Cが配置されている透過型電子顕微鏡2の内部は真空ポンプ7により所要の真空度に維持されている。

25 図2から図4をさらに参照すると、裏面照射型撮像素子1の裏面ないしは入射面8側には試料5を透過した電子流4が入射する蛍光膜9が配置され、この蛍光膜9と入射面8はファイバーガラス10により光学的に連結されている。入射する電子流4の強度に応じた輝度で蛍光膜9が発光し、この蛍光膜9の発する光11が入射面8に入射する。

図2に示すように、裏面照射型撮像素子1の入射面8には、複数の画素13が2次元に配列されている。図2では、単純化のために、9個(3行×3列)の

画素 1 3 のみを図示しているが、画素 1 3 の行数及び列数はそれぞれ 2 以上であればよい。

図 3 及び図 4 に示すように、チップ 1 4 の入射面 8 側には p^- 型の変換層 2 1 が設けられている。また、変換層 2 1 よりもチップ 1 4 の表面 2 2 側には、 p^+ 型の電荷阻止層 2 3 が設けられている。

変換層 2 1 で生じた信号電荷を収集するための n^- 型の電荷収集部 2 4 が各画素 1 3 毎に設けられている。この電荷収集部 2 4 の一端は変換層 2 1 内に位置し、変換層 2 1 からチップ 1 4 の表面 2 2 側へ延びている。チップ 1 4 の表面 2 2 側に位置する電荷収集部 2 4 の他端には n 型のインプット領域 2 5 が設けられている。電荷収集部 2 4 は電荷阻止層 2 3 を貫通して延びており、インプット領域 2 5 は電荷阻止層 2 3 に埋め込まれている。

電荷阻止層 2 3 の表面 2 2 側の領域には、A/D 変換器を含む種々の周辺回路 2 6 (電荷処理部) が各画素 1 3 毎に設けられている。これらの周辺回路 2 6 は電荷阻止層 2 3 に埋め込まれている。図 3 及び図 4 において、2 7 は周辺回路 2 6 の電極、2 8 はインプット領域 2 5 から周辺回路 2 6 に信号電荷を送るための電極である。図 5 に概略的に示すように、周辺回路 2 6 が備えるシリアル型の A/D 変換器 3 1 は比較器 3 2 と、カウンタ 3 3 を備えている。比較器 3 2 にはインプット領域 2 5 から信号電荷である電圧 V_{in} が入力されると共に、比較用電圧 V_{ref} が入力され、比較器 3 2 の出力はカウンタ 3 3 に出力される。カウンタ 3 3 の出力は画像信号としてコントローラ 3 4 (図 1 参照) に出力される。コントローラ 3 4 はメモリ、画像処理回路等を含む種々の要素を備え、コントローラ 3 4 から表示装置 3 5 に撮影した画像が出力される。前述のように A/D 変換器 3 1 は各画素 1 3 毎に設けられているが、コントローラ 3 4 から出力されるリセット信号及び比較用電圧 V_{ref} は全画素 1 3 に共通である。

裏面照射型撮像素子 1 の変換層 2 1、電荷阻止層 2 3、電荷収集部 2 4、及びインプット領域 2 5 は例えばそれぞれ不純物濃度 $1 \times 10^{10} \sim 1 \times 10^{16} \text{ cm}^{-3}$ の p^- 型、不純物濃度 $1 \times 10^{15} \sim 1 \times 10^{16} \text{ cm}^{-3}$ の p^+ 型、不純物濃度 $1 \times 10^{13} \sim 1 \times 10^{16} \text{ cm}^{-3}$ の n 型、不純物濃度 $1 \times 10^{16} \sim 1 \times 10^{20} \text{ cm}^{-3}$ の n^+ 型のシリコンを主体とするような半導体材料からなる。この場合、 p^-

型の基板にフォトリソをマスクとしてボロンとリンのイオン注入を行った後、熱拡散を行うことにより製造することができる。

試料5を透過した電子流4が蛍光膜9に入射すると、蛍光膜9が発光する。蛍光膜9で発生した光11はファイバーガラス10を介して裏面照射型撮像素子1に入射する。入射面8から入射した光11は、変換層21に到達して電子と正孔の対を発生させる。このうち電子は負の電荷を有しているので、 n^- 型の電荷収集部24に集まり、さらに n 型のインプット領域25に集積する。正孔は p^- 型の変換層21を通して、チップ外に連続的に排出される。インプット領域25に集積した電子、すなわち信号電荷は周辺回路26に出力され、A/D変換器31によるアナログ信号からデジタル信号への変換を含む種々の処理がなされた後、画像信号としてコントローラ34へ出力される。

p^- 型の変換層21と周辺回路26とは p^+ 型の電荷阻止層23により互いに隔てられている。従って、変換層21で発生した電子が、拡散や回り込みにより電荷収集部24及びインプット領域25を介することなく直接周辺回路26に到達するのを防止することができる。よって、信号電荷の混入による周辺回路26でのノイズ発生等を防止することができる。電荷阻止層23は隣接する周辺回路26間を電氣的に互いに隔てる機能も有している。

(第2実施形態)

図6及び図7に示す本発明の第2実施形態に係る裏面照射型撮像素子1は、 n^- 型の電荷収集層29を備えている。この電荷収集層29は変換層21と電荷阻止層23との間に介在し、電荷収集部24の入射面8側の端部と連続している。変換層21で発生した電荷はいったん電荷収集層29に集まる。電荷収集層29に集まった電荷は水平方向に移動して電荷収集部24に収集される。従って、電荷収集層29を設けることで、周辺回路26への信号電荷の混入をより効果的に防止することができる。

第2実施形態の裏面照射型撮像素子1は例えば以下のように製作する。 p^- 型の基板の表面側から高エネルギーのイオン注入又は熱拡散により2～8 μm 低度の厚い n^- 層を形成する。次に、同様の方法で表面から2～8 μm 程度のところに p^+ 層を形成し、さらにその表面側にイオン注入により周辺回路26を形成す

る。

第2実施形態のその他の構成及び作用は第1実施形態と同様であるので、同一の要素には同一の符号を付して説明を省略する。

(第3実施形態)

5 図8及び図9に示す本発明の第3実施形態の裏面照射型撮像素子1は、蛍光膜9とファイバーガラス10(図3、図4、図6、及び図7)を備えておらず、試料5を透過した電子流4が入射面8に直接入射する。電子流4が変換層21に到達すると発生する2次電子が信号電荷となる。この信号電荷は電荷収集部24に集積し、インプット領域25を介して周辺回路26に送られる。変換層21と周辺回路26との間には電荷阻止層23が介在するので、変換層21で発生した2次電子が直積周辺回路26に到達するのを防止することができる。

10 この第3実施形態のような電子流直入型の裏面照射型撮像素子では、高エネルギーの電子流に直接曝されるので、素子寿命が短くなる傾向がある。従って、磁気レンズ6A~6C(図1参照)の設定等により電流強度を弱めた後に、入射面8に入射させることが好ましい。

15 第3実施形態のその他の構成及び作用は第1実施形態と同様であるので、同一の要素には同一の符号を付して説明を省略する。

(第4実施形態)

20 図10及び図11に示す本発明の第4実施形態の裏面照射型撮像素子1では、変換層21と電荷阻止層23との間に電荷収集部24と連続するn⁻型の電荷収集層29が介在している。変換層21で生じた2次電子を電荷収集層29で集めて電荷収集部24に収集することにより、周辺回路26への信号電荷の混入をより効果的に防止することができる。

25 第4実施形態のその他の構成及び作用は第3実施形態と同様であるので、同一の要素には同一の符号を付して説明を省略する。

(第5実施形態)

図12から図17に示す本発明の第5実施形態は、画素周辺記録型撮像素子(In-situ Storage Image Sensor : ISIS)に本発明を適用した例である。

図12を参照すると、第5実施形態の裏面照射型撮像素子101を備える高速

ビデオカメラ100は、入射面102に可視光線103を結像させるレンズ104、裏面照射型撮像素子101から出力されたアナログの画像信号を増幅するアンプ105、増幅された画像信号をデジタル信号に変換するA/D変換器106、及びデジタルの画像信号を記憶するメインメモリ107を備える。画像処理装置108はメインメモリ107から読み出した画像信号を処理して表示装置109に表示する。コントローラ110は、撮像素子101、アンプ105、及びA/D変換器106を含むビデオカメラ全体の動作を制御する。

図13は裏面照射型撮像素子101を入射面102（図15から図17参照）から見た図である。図13では、単純化のために、12個（4行×3列）の画素121のみを図示しているが、画素の行数及び列数はそれぞれ2以上であればよい。また、図13では後述する光学フィルタ130、変換層131、及び電荷収集部134（図15から図17参照）は図示していない。

図13を参照して裏面照射型のISISの構造を説明すると、画素121毎にインプット領域122が設けられている。インプット領域122及びそれを含む画素121は行方向と列方向が互いに直交するように配置されている。各インプット領域122毎に図において左斜め下へ向けて延びる信号記録用CCD123が設けられている。また、各インプット領域122の列毎に1本ずつ図において垂直方向（列方向）に延びるCCD（垂直読み出し用CCD124）が設けられている。さらに、各垂直読み出し用CCD124に隣接してドレーン線126が設けられている。さらにまた、図において水平方向（行方向）に延びるCCD（水平読み出し用CCD125）が設けられている。

各信号記録用CCD123は、一端が図示しないインプットゲートを介して対応するインプット領域122に接続され、他端が垂直読み出し用CCD124に接続されている。同一の列を構成するインプット領域122に一端が接続されている信号記録用CCD123の他端は、その列に対応する垂直読み出し用CCD124に合流している。換言すると、同一の列を構成するインプット領域122に接続されたすべての信号記録用CCD123が同一の垂直読み出し用CCD124に合流している。垂直読み出し用CCD124が備える信号記録要素ないしはエレメント124aのうち、信号記録用CCD123が合流するエレメント1

23 aの一つ上流側のエレメント124 aは、ドレーンゲート127を介してドレーン線126に接続されている。各垂直読み出し用CCD124の図において下端は、水平読み出し用CCD125に接続されている。

5 第5実施形態の裏面照射型撮像素子101では、撮影中に連続上書きが実行される。図14を参照すると、矢印Y1で示すように、撮影中はインプット領域122から信号記録用CCD123のエレメント123 aに信号電荷が順次転送される。ある瞬間に“1”から“26”までの番号を付した各エレメント123 aに信号電荷が蓄積されているとすると、各エレメント123 aに付した番号が小さい程古い画像に対応する信号電荷であることを示し、この番号が大きい程新しい画像に対応する信号電荷であることを示す。図14で示す状態の次の瞬間には、番号“1”を付したエレメント123 aからドレーンゲート127を介してドレーン線126に信号電荷が排出され、番号“26”を付したエレメント123 aにインプット領域122から最新の27番目の画像に対応する信号電荷が入力される。また、2番目から26番目までの画像に対応する信号電荷は1個ずつ下流側のエレメント123 aに送られる。従って、2番目から27番目までの画像に対応する信号電荷が信号記録用CCD123に記録される。撮影中は、この連続上書き過程が継続する。

15 撮影対象とする現象の生起が確認されると連続上書きが停止される。記憶された信号電荷の読み出し操作は概ね以下の通りである。(1) 信号記録用CCD123での電荷転送を停止し、矢印Y2で示すように垂直読み出し用CCD124上でのみ電荷転送を行い、信号電荷を水平読み出し用CCD125送る。この操作により垂直読み出し用CCD124は空になる。(2) 信号記録用CCD123から垂直読み出し用CCD124上で電荷転送を行い、垂直読み出し用CCD124を満杯にする。

20 図12において信号記録用CCD123が斜め下に向けて延びていないと、一つのインプット領域122に接続された信号記録用CCD123はそのインプット領域122の一つ下側のインプット領域122と干渉し、信号記録用CCD123を十分に長くすることができない。信号記録用CCD123を十分に長くするには、下側に行く程インプット領域122を少しずつ右にずらして信号記録用

CCD 123を真下に延ばせるようにすればよい。この場合、画素軸をなすイン
プット領域122の中心点は、正方格子又は長方形格子を構成せず菱形となる。
かかる菱形格子を解消するには、インプット領域122の位置を少しずつ上にず
らせばよい。この結果得られたレイアウトを時計回りに少し回転させると図12
5のレイアウトとなる。これが信号記録用CCD 123を画素軸に対して斜行させ
ている理由である。

図12及び図13では、単純化のために信号記録用CCD 123及び垂直読み
出し用CCD 124には26枚の画像に対応する信号電荷が蓄積される。しかし、
これらのエレメント123a, 124aの数を増やせば、連続撮影可能な画像枚
10数を増大することができる。例えば、各画素周辺に103個のエレメントを設け
れば、100万枚/秒の撮影速度で撮影した画像を10枚/秒の再生速度で10
秒の動画として再生することができる。

図15から図17を参照すると、チップ128の入射面102には光学フィル
タ130が配置されている。また、チップ128の入射面102側にはp⁻型の
15変換層131が設けられ、変換層131よりもチップ128の表面132側には、
p⁺型の電荷阻止層133が設けられている。

変換層131で生じた信号電荷を収集するためのn⁻型の電荷収集部134が
各画素121毎に設けられている。この電荷収集部134の一端は変換層131
内に位置し、変換層131からチップ128の表面132側へ延びている。チッ
20プ128の表面132側に位置する電荷収集部134の他端にはn型のインプッ
ト領域122が設けられている。電荷収集部134は電荷阻止層133を貫通し
て延びており、インプット領域122は電荷阻止層133に埋め込まれている。

電荷阻止層133の表面132側の領域には信号記録用CCD 123が設けら
れている。これらの信号記録用CCD 123は電荷素子層133に埋め込まれて
25いる。図15から図17において、135は信号記録用CCD 123を駆動する
ための電極、136はインプット領域122から信号記録用CCD 123に信号
電荷を送るための電極である。本実施形態では、信号記録用CCD 123は4相
駆動であるので、図17に示すように、各エレメント123a毎に4個の電極1
35が設けられている。

裏面照射型撮像素子101の変換層131、電荷収集部134、インプット領域122は、及び電荷阻止層133は例えば例えばそれぞれ不純物濃度 $1 \times 10^{10} \sim 1 \times 10^{15} \text{ cm}^{-3}$ のp⁻型、不純物濃度 $1 \times 10^{15} \sim 1 \times 10^{16} \text{ cm}^{-3}$ のp⁺型、不純物濃度 $1 \times 10^{13} \sim 1 \times 10^{16} \text{ cm}^{-3}$ のn型、不純物濃度 $1 \times 10^{16} \sim 1 \times 10^{20} \text{ cm}^{-3}$ のn⁺型のシリコンを主体とするような半導体材料からなる。この場合、p⁻型の基板にフォトリソをマスクとしてボロンとリンのイオン注入を行った後、熱拡散を行うことにより製造することができる。

光学フィルタ130を介して入射面102から入射した光137は、変換層131に到達して電子と正孔の対を発生させる。このうち電子は負の電荷を有しているので、n⁻型の電荷収集部134に集まり、さらにn型のインプット領域122に集積する。正孔はp⁻型の変換層131を通過して、チップ外に連続的に排出される。インプット領域122に集積した電子、すなわち信号電荷は対応する信号記録用CCD123に出力される。

p⁻型の変換層131とn型の信号記録用CCD123とはp⁺型の電荷阻止層133により互いに隔てられている。従って、変換層131で発生した電子が、拡散や回り込みにより電荷収集部134及びインプット領域122を介することなく直接信号記録用CCD123に到達するのを防止することができる。よって、信号電荷の混入による信号記録用CCD123でのノイズ発生等を防止することができる。電荷阻止層133は隣接する信号記録用CCD123間を電氣的に互いに隔てるチャネルストップとしても機能している。

次に、光学フィルタ130について説明する。表1は通常のCCD型撮像素子の製造に使用されるシリコン単結晶ウェハについての入射光の波長と吸収係数から計算したチップの厚さと透過率の関係を示している。裏面照射型では最も薄い場合には20 μm 程度の厚さのチップが使用される。

表 1

波長(nm)	吸収係数	透過率(20 μ m)	透過率(30 μ m)
400	5.337	4.39954×10^{-47}	2.92×10^{-70}
450	2	4.24835×10^{-18}	8.76×10^{-27}
500	1.11	2.28382×10^{-10}	3.45×10^{-15}
550	6.93×10^{-1}	9.50764×10^{-7}	9.27×10^{-10}
600	4.81×10^{-1}	6.69208×10^{-5}	5.47×10^{-7}
650	3.16×10^{-1}	0.001792758	7.59×10^{-5}
700	2.19×10^{-1}	0.012475357	0.001393
750	1.52×10^{-1}	0.047834889	0.010462
800	9.49×10^{-2}	0.149868056	0.058018
850	6.24×10^{-2}	0.286848809	0.153631

裏面照射の画素周辺記録型撮像素子では、光の透過率を $1/10000$ 以下にすることが望ましい。例えば前述のように信号記録用 CCD 123 と垂直読み出し用 CCD 124 に 100 枚分の画像に対応する信号電荷を蓄積できる場合、1枚の画像が撮影れされると、その画像の信号電荷は最大 99 枚の画像が撮影されるまで保持される。光が信号記録用 CCD 123 や垂直読み出し用 CCD 124 に到達すると電荷を発生する。入射面 102 から入射した光が表面 132 側の信号記録用 CCD 123 まで通過する割合（透過率）が $1/10000$ であると、1枚の画像を撮影する毎に本来の信号電荷の $1/10000$ の信号が信号電荷に加えられる。従って、100 枚分撮影する間に $1/10000 \times 100$ (枚) = $1/100$ 、すなわち 1% の不要な信号が本来の信号電荷に加えられる。この割合が数% を越えると非常に見苦しいスミアという現象が発生する。

表 1 より、厚さ 20 μ m のシリコン単結晶を通過する 600 nm の光の透過率は 6.692×10^{-5} であり、厚さ 30 μ m のシリコン単結晶を通過する 650 nm の光の透過率は 7.59×10^{-5} である。従って、これらの場合には、前述の $1/10000$ 以下という透過率についての条件を満たす。一方、厚さ 20 μ m のシリコン単結晶を通過する 650 nm の光の透過率は 0.00179 であり、厚さ 30 μ m のシリコン単結晶を通過する 700 nm の光の透過率は 0.001393 である。これらの場合には、前述の $1/10000$ 以下という透過率についての条件を満たさない。例えば、厚さが 30 μ m のシリコン単結晶に 700 nm の光が入射する場合、透過率である 0.001393 を 100 倍すると 0.1393 となる。従って、100 枚分撮影する間には、13.93% もの不要

な電荷が信号電荷に加えられる。

以上の検討より、チップの厚さが $30\mu\text{m}$ の場合には、光学フィルタ130は $700\sim 1000\text{nm}$ の波長の光を実質的に遮断すること、具体的にはこれらの光の透過率が1%以下であることが好ましい。ただし、連続撮影枚数が100枚に満たない場合に、光学フィルタ130のこれらの光の透過率は1%以上であってもよく、逆に100枚を上回る場合には光の透過率は1%未満である必要がある。また、連続撮影停止から図示しないシャッタが閉鎖されて光学系からの裏面照射型撮像素子101への光が入射なくなるまでには、ある程度の時間を要し、この間に多量の光が入射する。具体的には、撮影速度が1M枚/秒の場合、撮影時の入射光量の 10^4 倍程度の光が入射面102に入射する。従って、光学フィルタ130の光の透過率は、この連続撮影停止から入射面102への入射停止までの時間を考慮して設定する必要がある。

光の透過率を適切に設定した光学フィルタ130を設けことにより、信号記録用CCD123に直接光が到達して不要な電荷を発生し、画質低下の原因となるのを防止することができる。

(第6実施形態)

図18から図20に示す本発明の第6実施形態に係る裏面照射型撮像素子101は、 n^- 型の電荷収集層138を備えている。この電荷収集層138は変換層131と電荷阻止層133との間に介在し、電荷収集部134の入射面102側の端部と連続している。変換層131で発生した電荷はいったん電荷収集層138に集まる。電荷収集層138に集まった電荷は水平方向に移動して電荷収集部134に収集される。従って、電荷収集層138を設けることで、信号記録用CCD123への信号電荷の混入をより効果的に防止することができる。

第6実施形態の裏面照射型撮像素子101は例えば以下のように製作する。 p^- 型の基板の表面側から高エネルギーのイオン注入又は熱拡散により $2\sim 8\mu\text{m}$ 程度の厚い n^- 層を形成する。次に、同様の方法で表面から $2\sim 8\mu\text{m}$ 程度のところに p^+ 層を形成し、さらにその表面側にイオン注入により周辺回路を形成する。

第6実施形態のその他の構成及び作用は第5実施形態と同様であるので、同一

の要素には同一の符号を付して説明を省略する。

本発明は、前記実施形態に限定されず、種々の変形が可能である。例えば、入射線は、光線以外の電磁波、電子線以外のイオン正孔のような荷電粒子の流れ、並びにX線に加え α 線、 γ 線、 β 線、及び中性子線を含む放射線であってもよい。

5 入射線が放射線の場合には、撮像素子の入射面側にシンチレータを配置し、放射線の強度に応じてシンチレータが発生する光線を撮像素子に入射させればよい。この場合、撮像素子の寿命の観点から、シンチレータの材料として緑色や青色の光、すなわち比較的波長の短い光が発生するものを選択することが好ましい。また、カラー撮影が必要な場合には、チップの厚さを厚くし、赤い光も記録用CCDや垂直読み出し用CCDの届かないようにする必要がある。さらに、高解像度の画像解析を行う場合、自然光で最もエネルギーの高い緑色から黄色の光を用い、かつ赤色から近赤外の光を遮断して色収差を低減して撮影すればよい。

10

添付図面を参照して本発明を完全に説明したが、当業者にとって種々の変更及び変形が可能である。従って、そのような変更及び変形は本発明の意図及び範囲から離れない限り、本発明に含まれると解釈されなければならない。

15

請 求 の 範 囲

1. 入射線が入射する入射面側に設けられ、前記入射線を信号電荷に変換し、
かつ2次元配列を構成する複数の画素のそれぞれについて設けられた変換部と、
5 前記変換部から前記入射面とは反対の表面側へ延び、前記変換部で生じた信号
電荷を収集する電荷収集部と、

前記表面側に設けられ、前記電荷収集部で収集された信号電荷を処理する電荷
処理部と、

前記変換部と前記電荷処理部の間に設けられ、前記変換部から前記電荷処理部
10 への前記信号電荷の流入を抑制する抑制領域と
を備えることを特徴とする裏面照射型撮像素子。

2. 前記変換部、前記電荷収集部、前記電荷処理部、及び前記抑制領域は、半
導体材料からなり、

前記変換部は第1の導電型を有し、

15 前記電荷収集部は第2の導電型を有し、かつ

前記抑制領域は、前記第1の導電型を有するが導電型不純物の濃度が前記変換
部よりも高く、前記信号電荷処理部がその中に埋め込まれ、かつ信号電荷収集部
が貫通している電荷阻止層を備える

ことを特徴とする裏面照射型撮像素子。

20 3. 前記抑制領域は、第2の導電型を有し、前記変換部と前記電荷阻止層との
間に介在し、かつ前記電荷収集部と入射面側の端部と連続する電荷収集層をさら
に備えることを特徴とする裏面照射型撮像素子。

4. 前記電荷処理部は、前記信号電荷をアナログ信号からデジタル信号に変換
するA/D変換器であることを特徴とする、請求項1から請求項3のいずれか1
25 項に記載の裏面照射型撮像素子。

5. 前記電荷処理部は、各画素内部又はその近傍に設けられ、前記信号電荷を
蓄積する信号電荷蓄積部であることを特徴とする、請求項1から請求項3のいづ
れか1項に記載の裏面照射型撮像素子。

6. 前記入射線は光であり、かつ

前記入射面に配置され、かつ前記入射面から前記電荷処理部に透過して前記電荷処理部で前記信号電荷と同種の電荷を発生させる波長の光を遮断する光学フィルタをさらに備えることを特徴とする、請求項1から請求項5のいずれか1項に記載の裏面照射型撮像素子。

5 7. 請求項1から請求項6のいずれか1項に記載の裏面照射型撮像素子を備えることを特徴とする電子顕微鏡。

8. 請求項1から請求項6のいずれか1項に記載の裏面照射型撮像素子を備えることを特徴とする撮影装置。

1/20

Fig.1

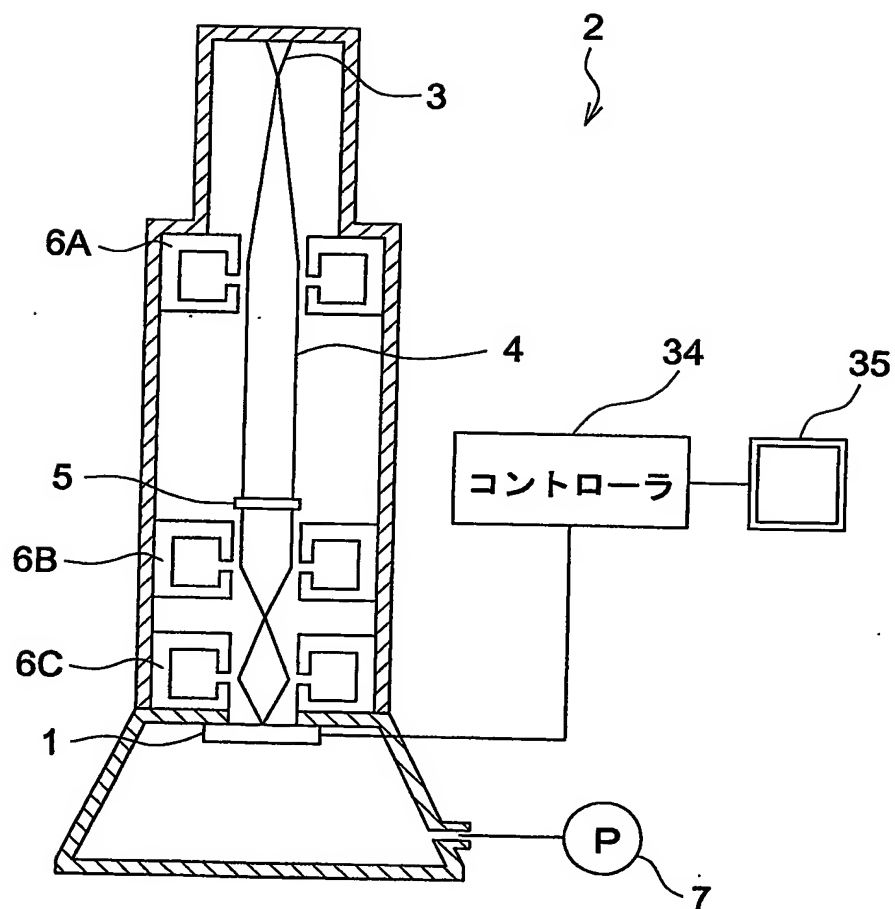


Fig.2

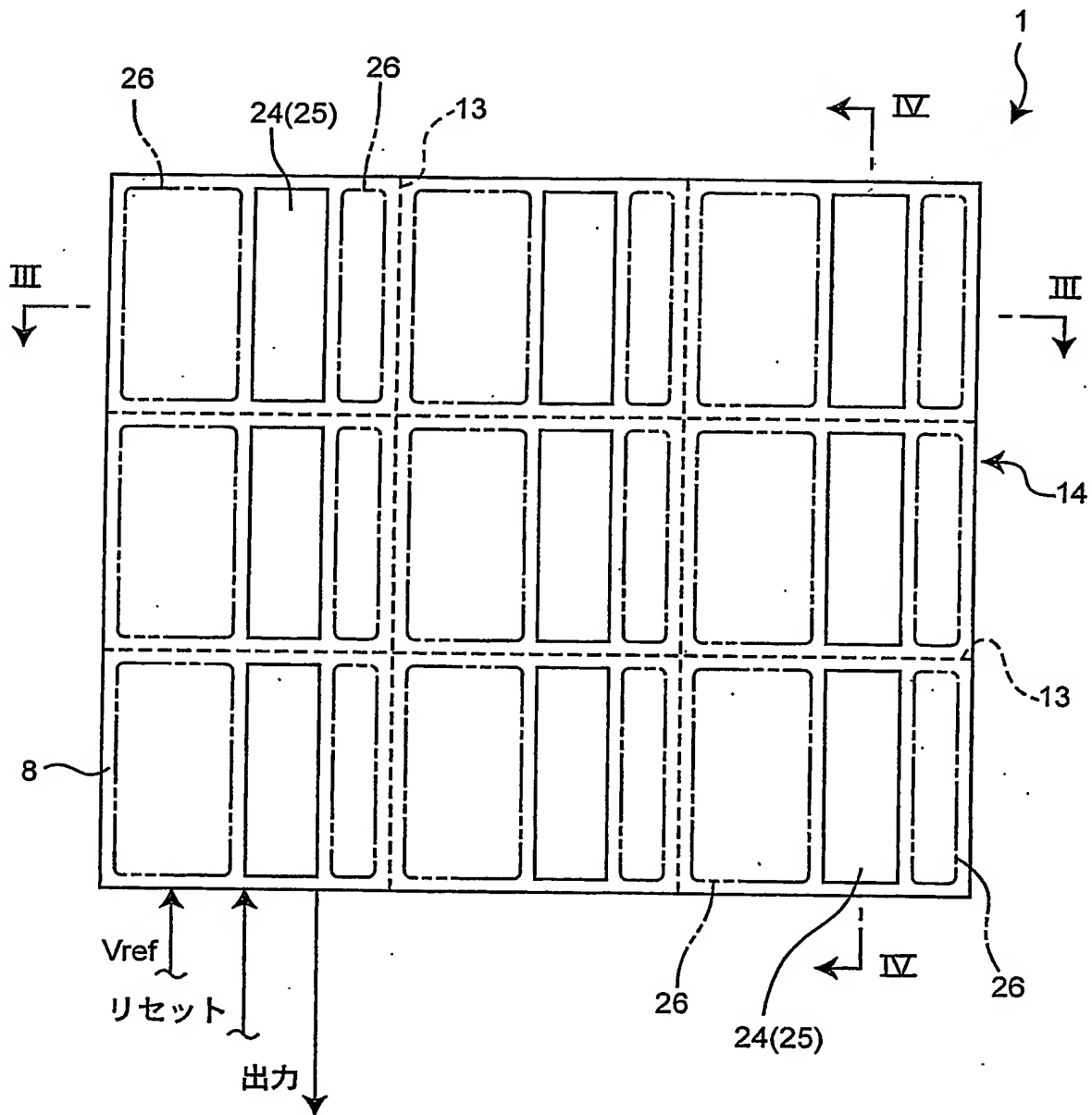


Fig. 3

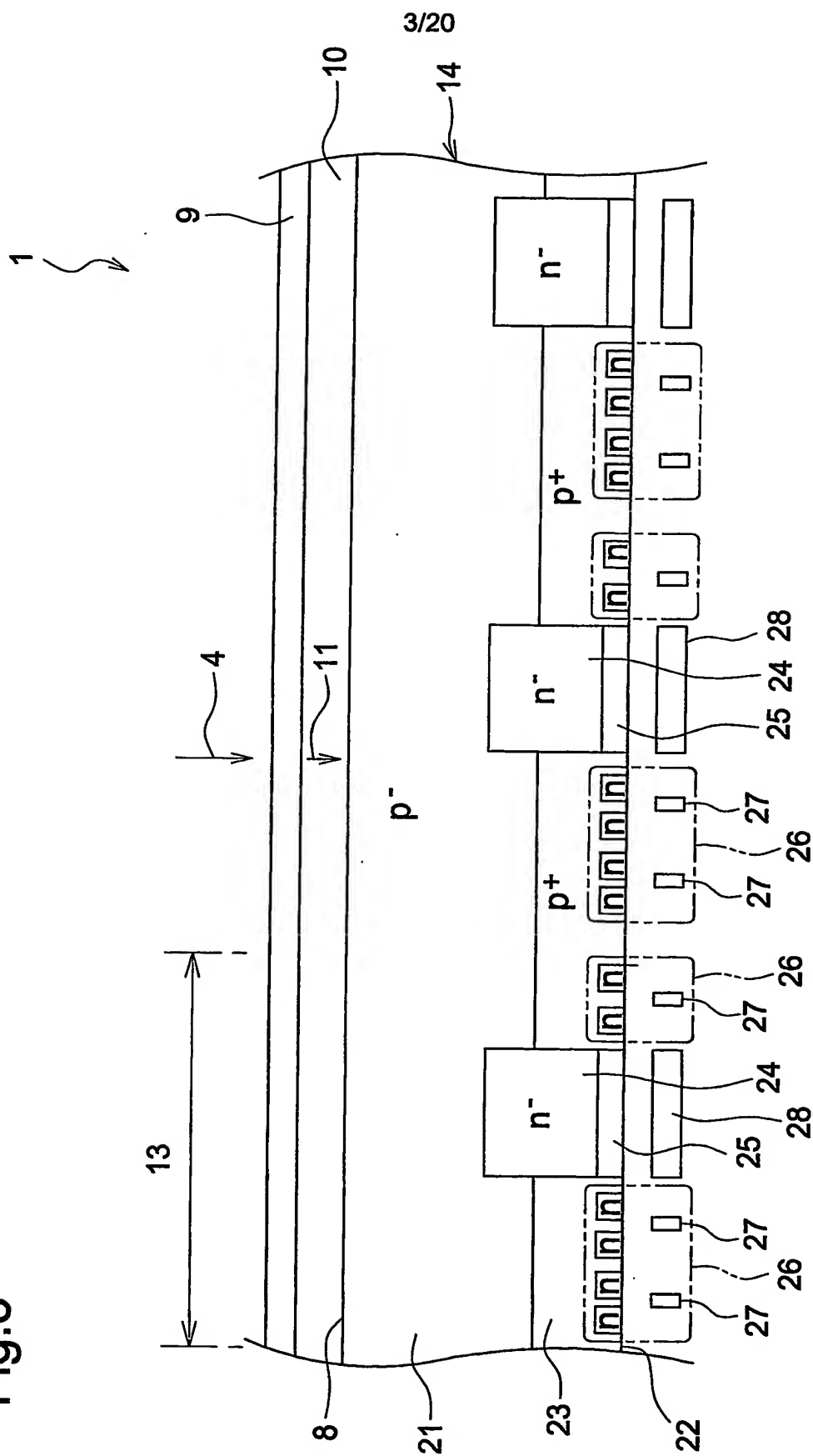


Fig.4

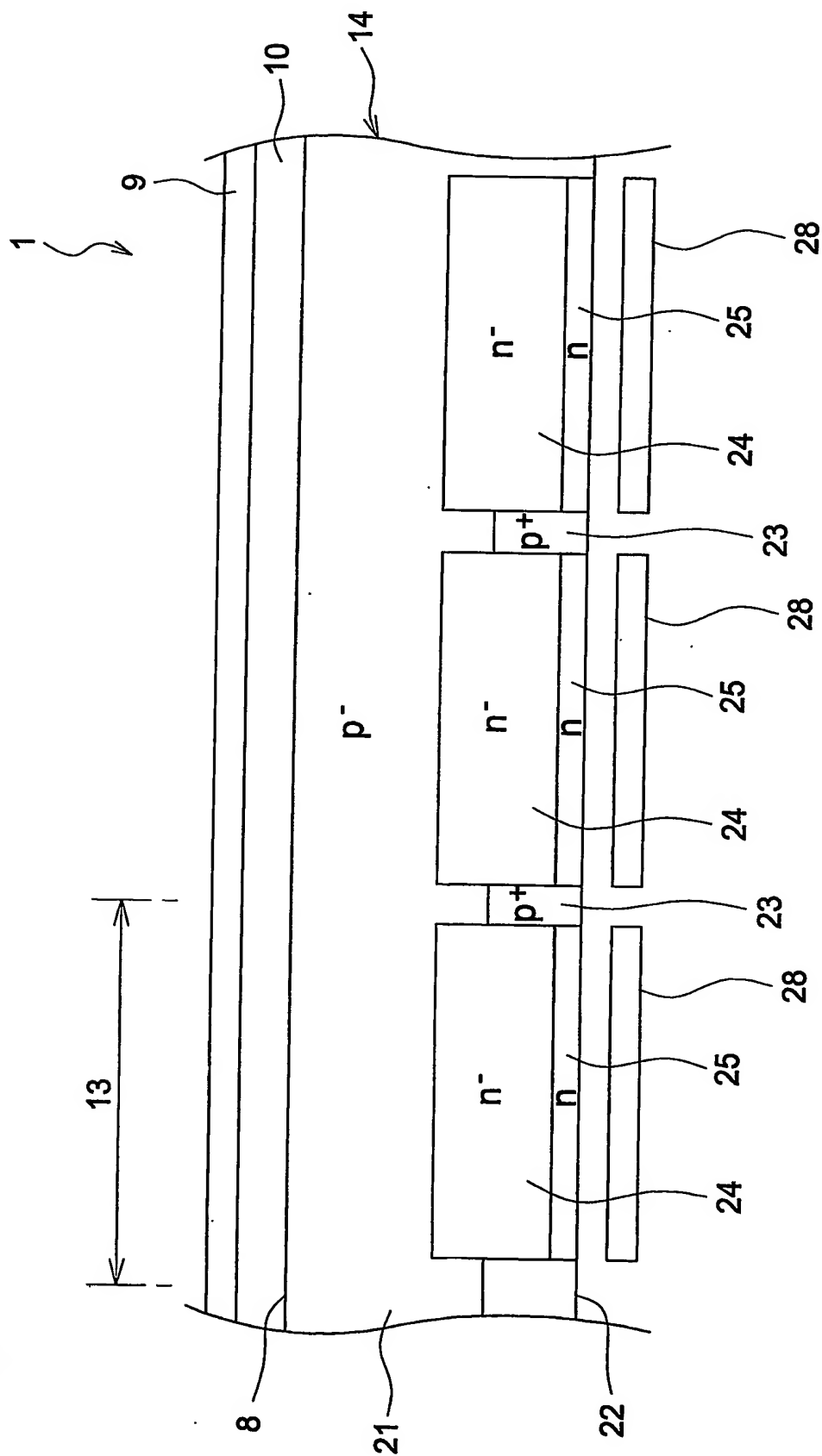


Fig.5

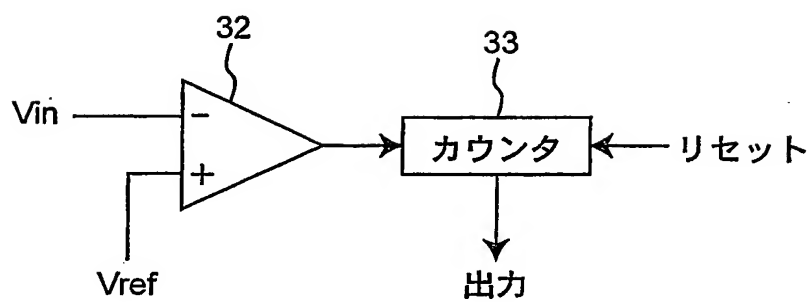


Fig. 6

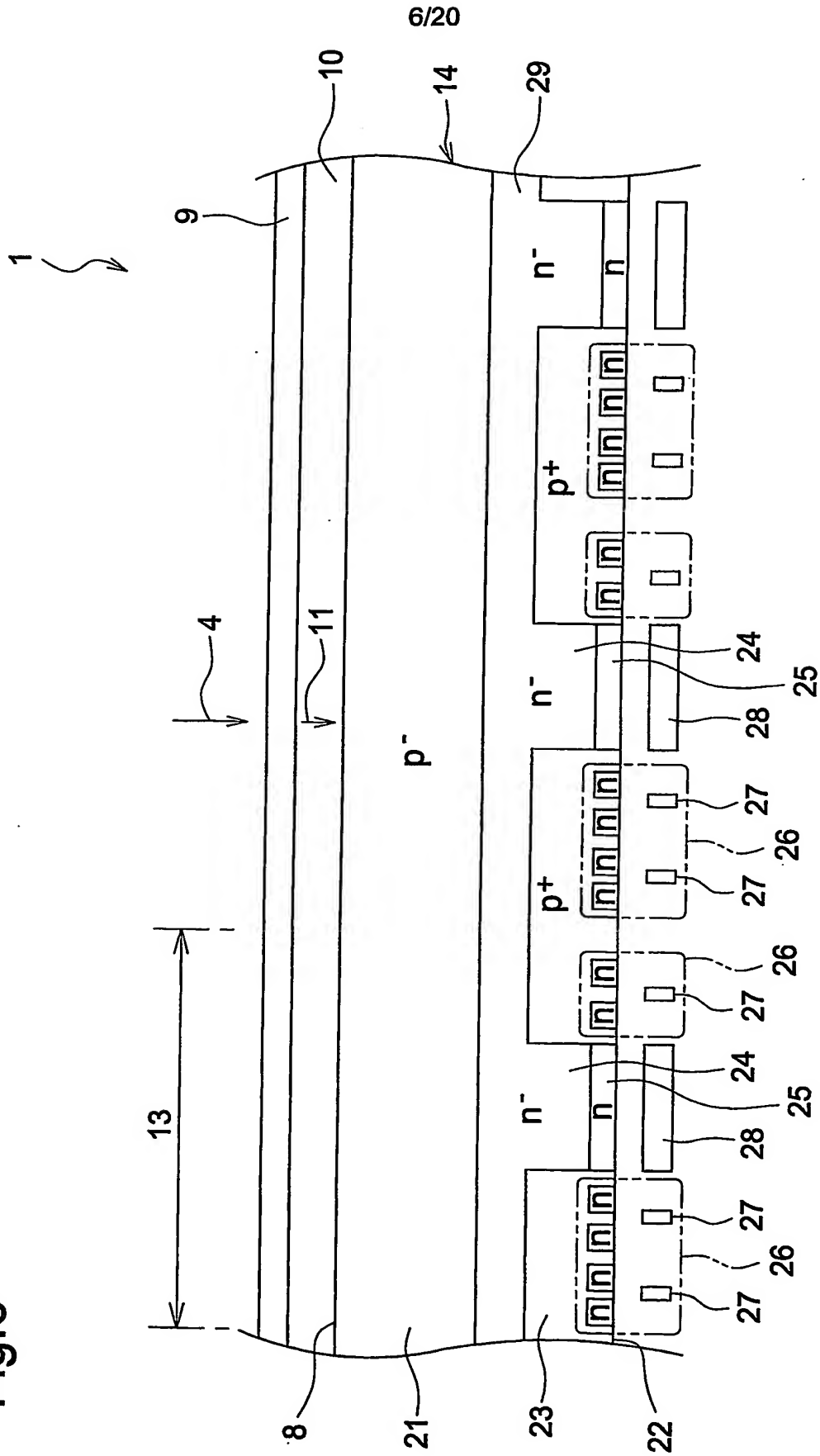


Fig. 7

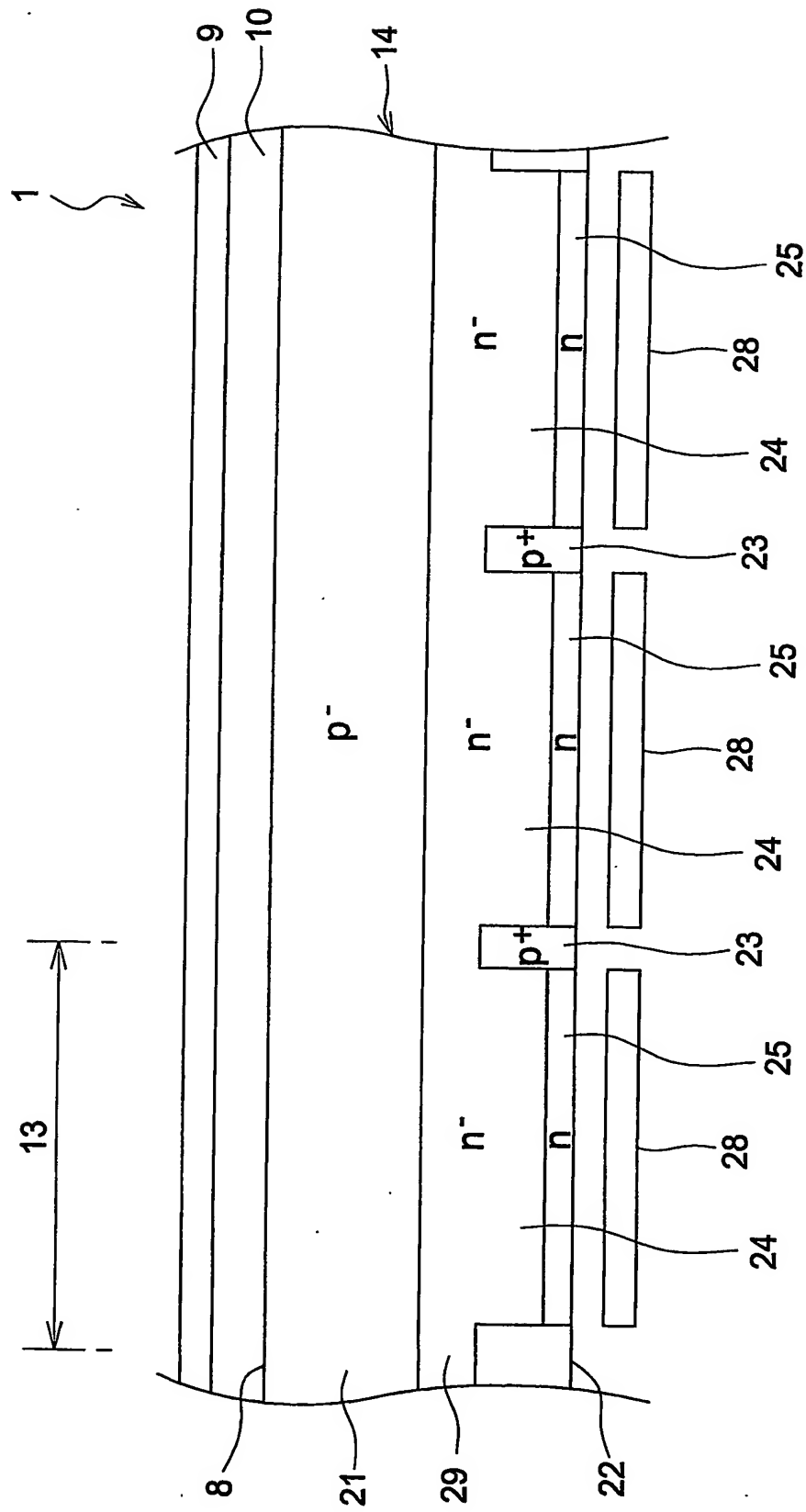


Fig.8

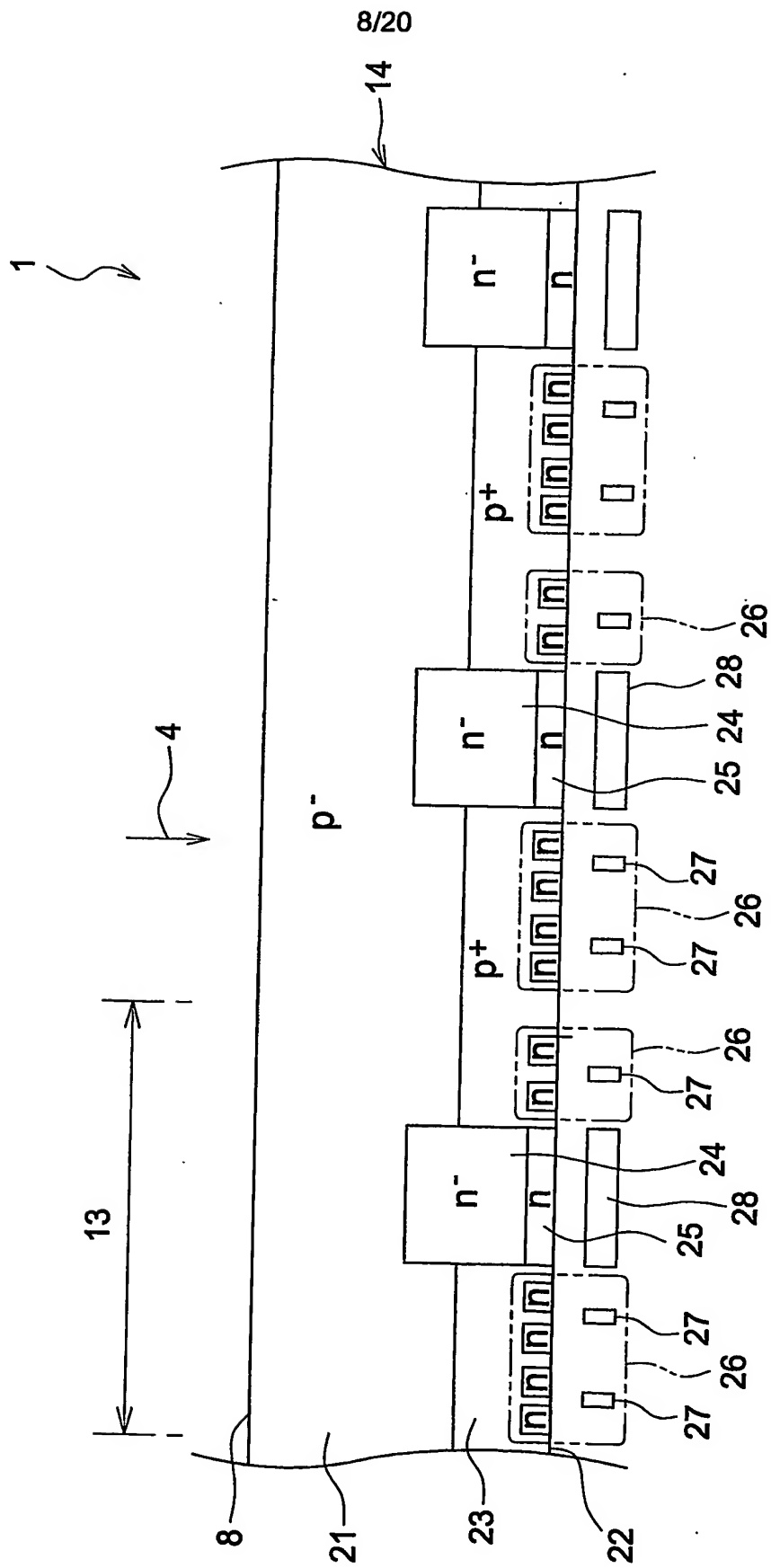


Fig.9

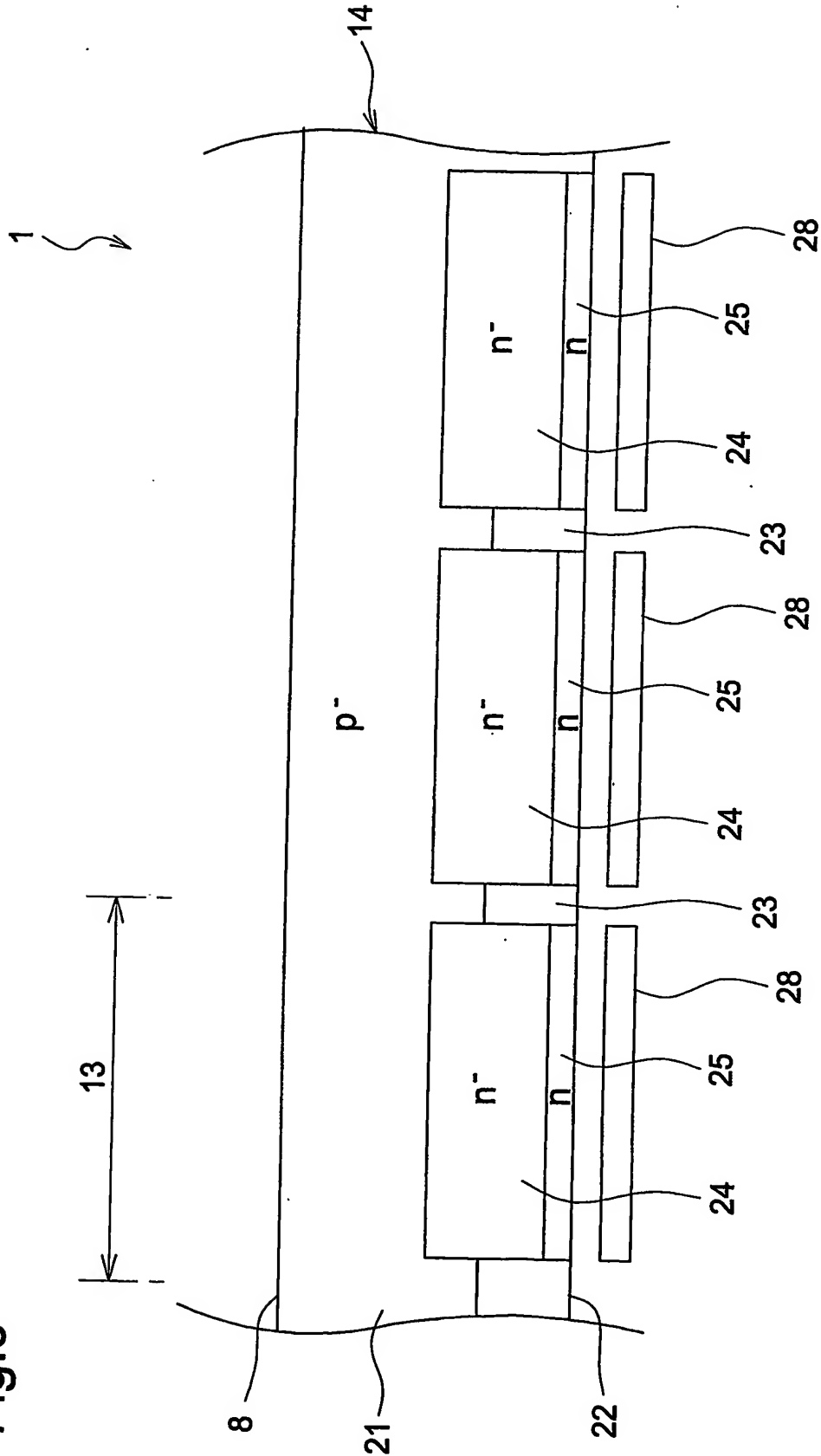
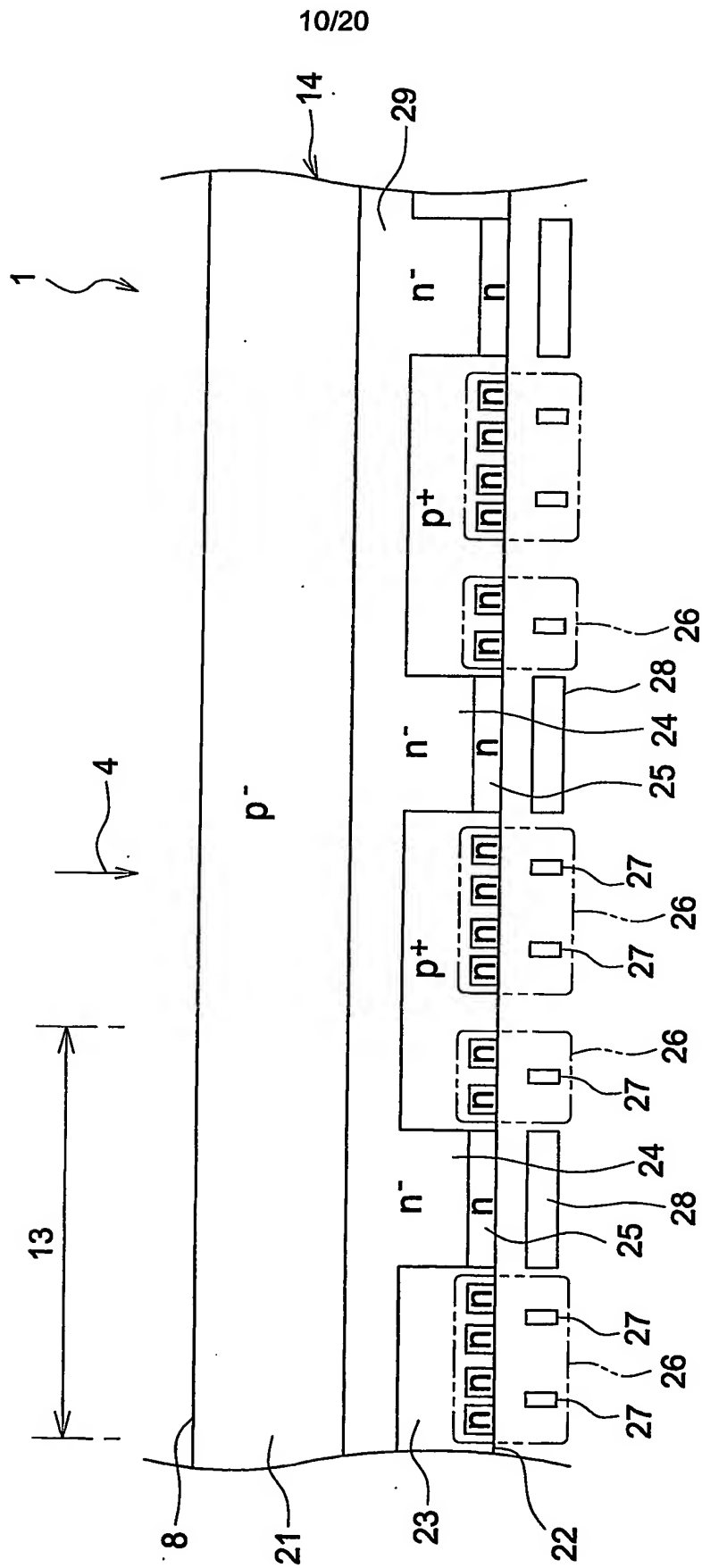
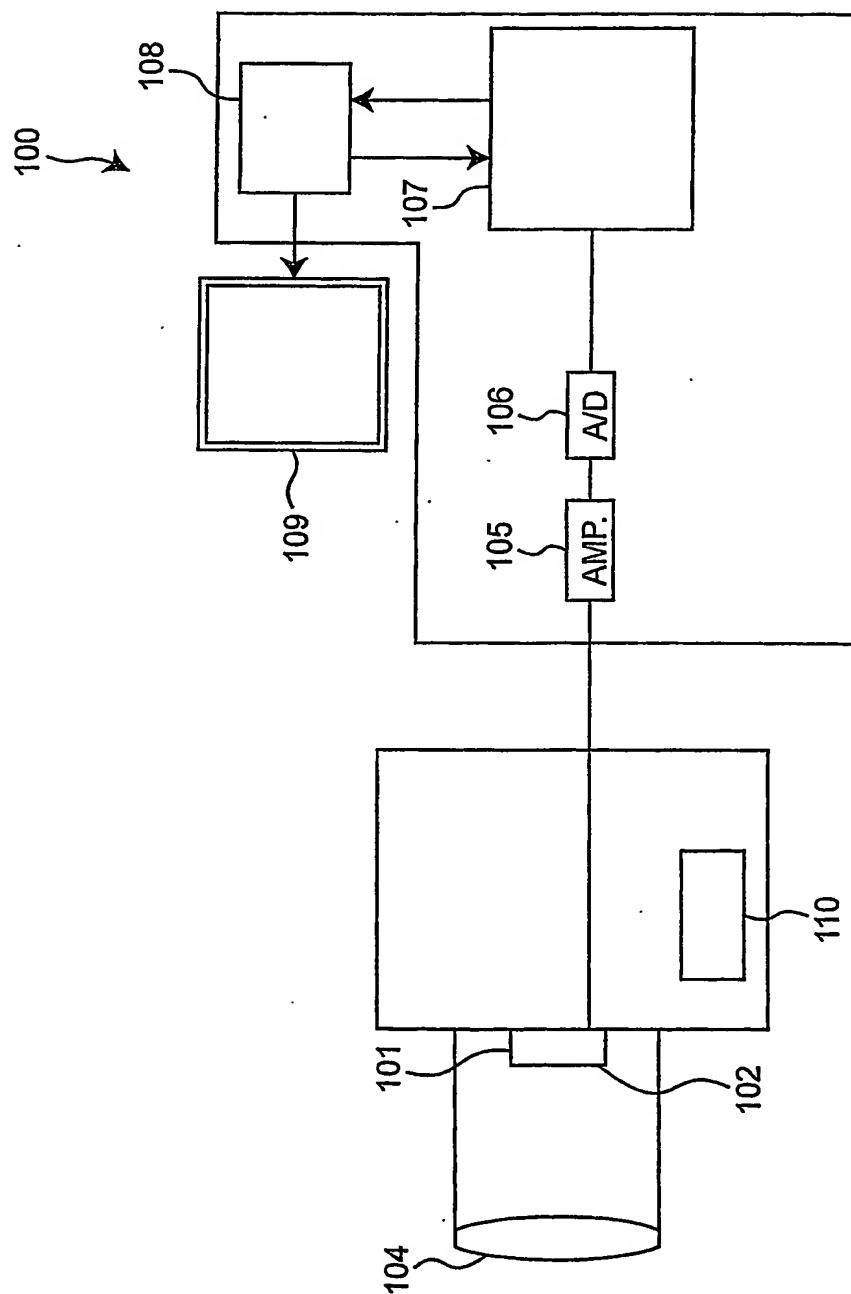


Fig. 10



12/20

Fig.12



13/20

Fig.13

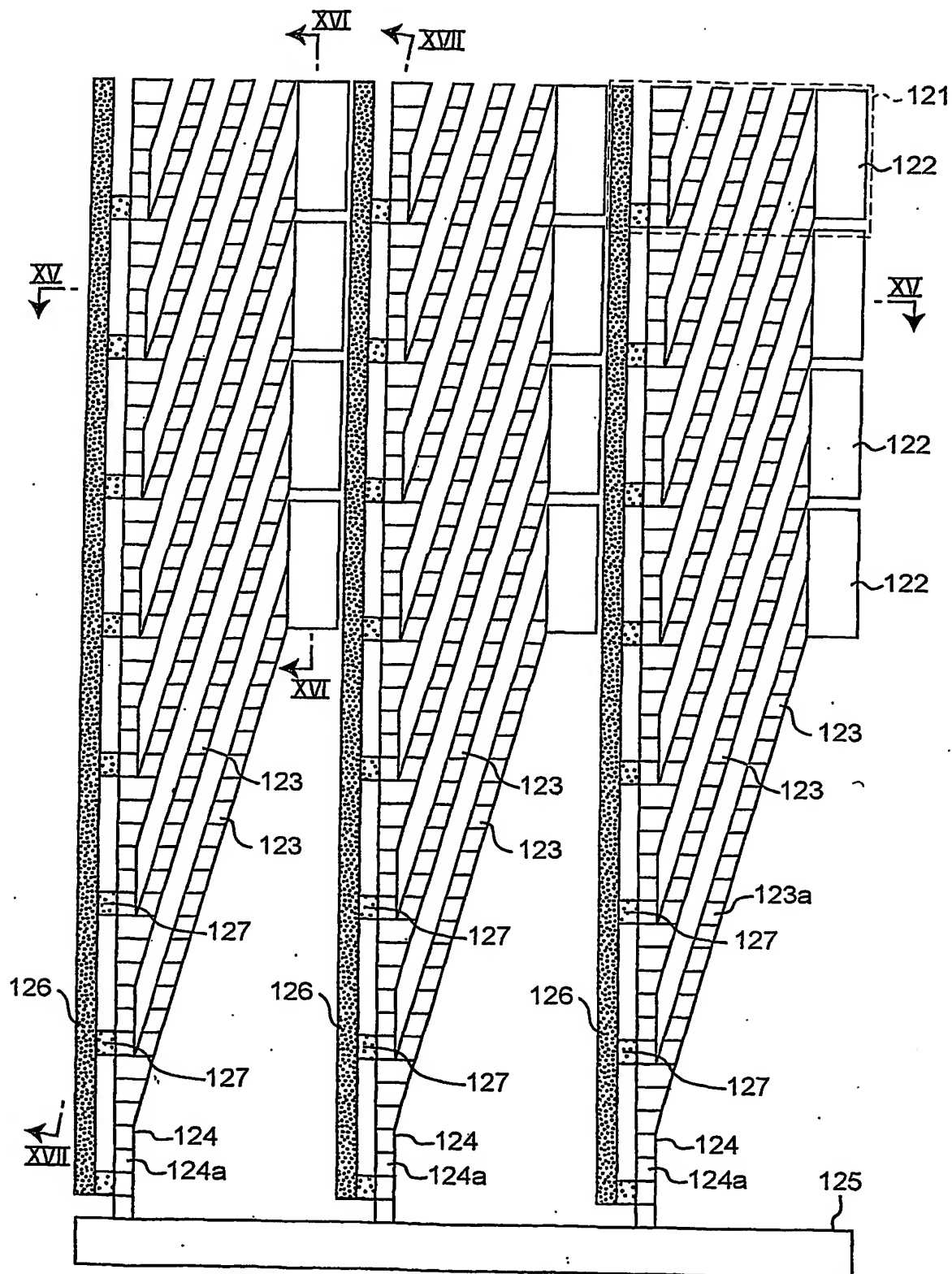


Fig.14

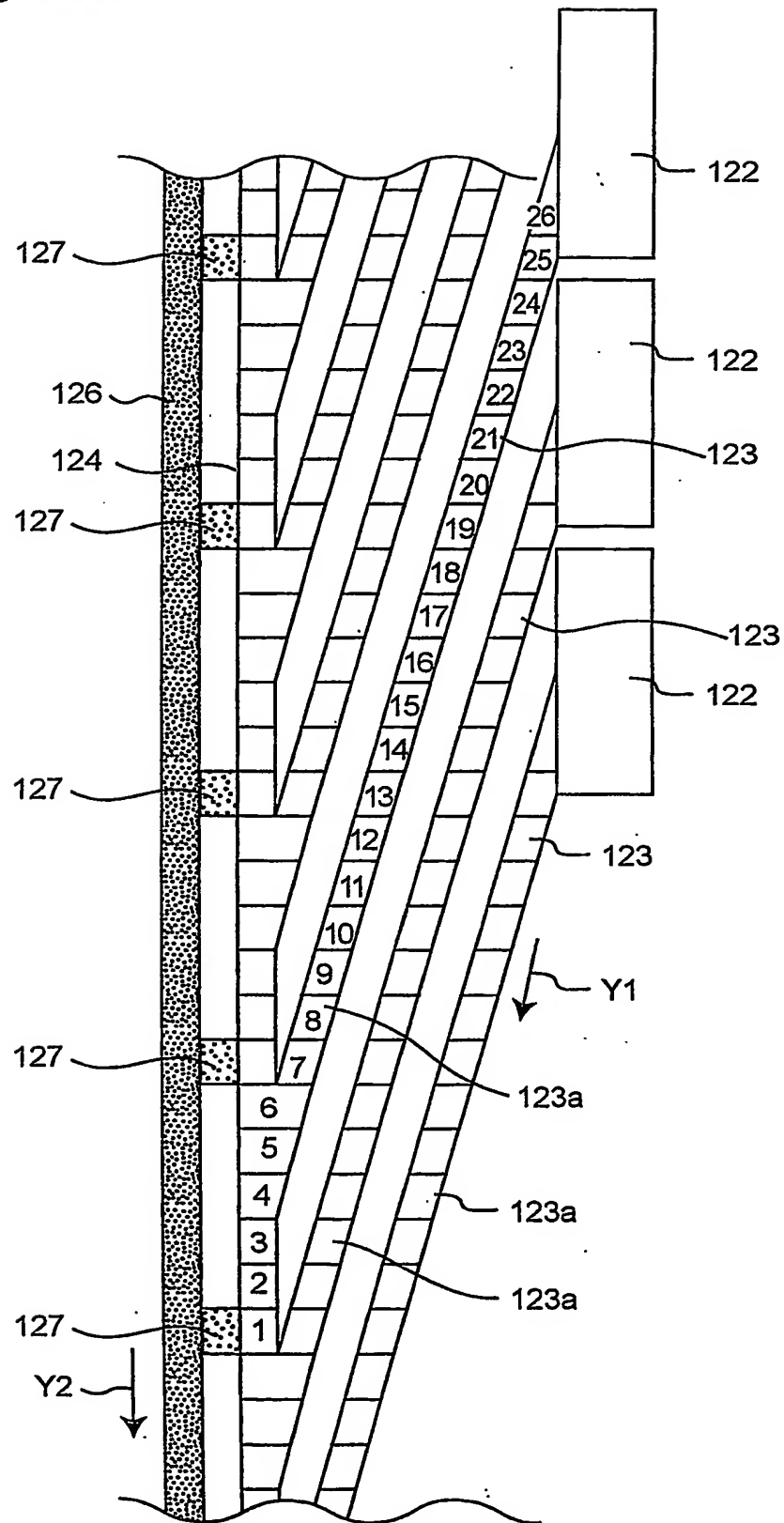
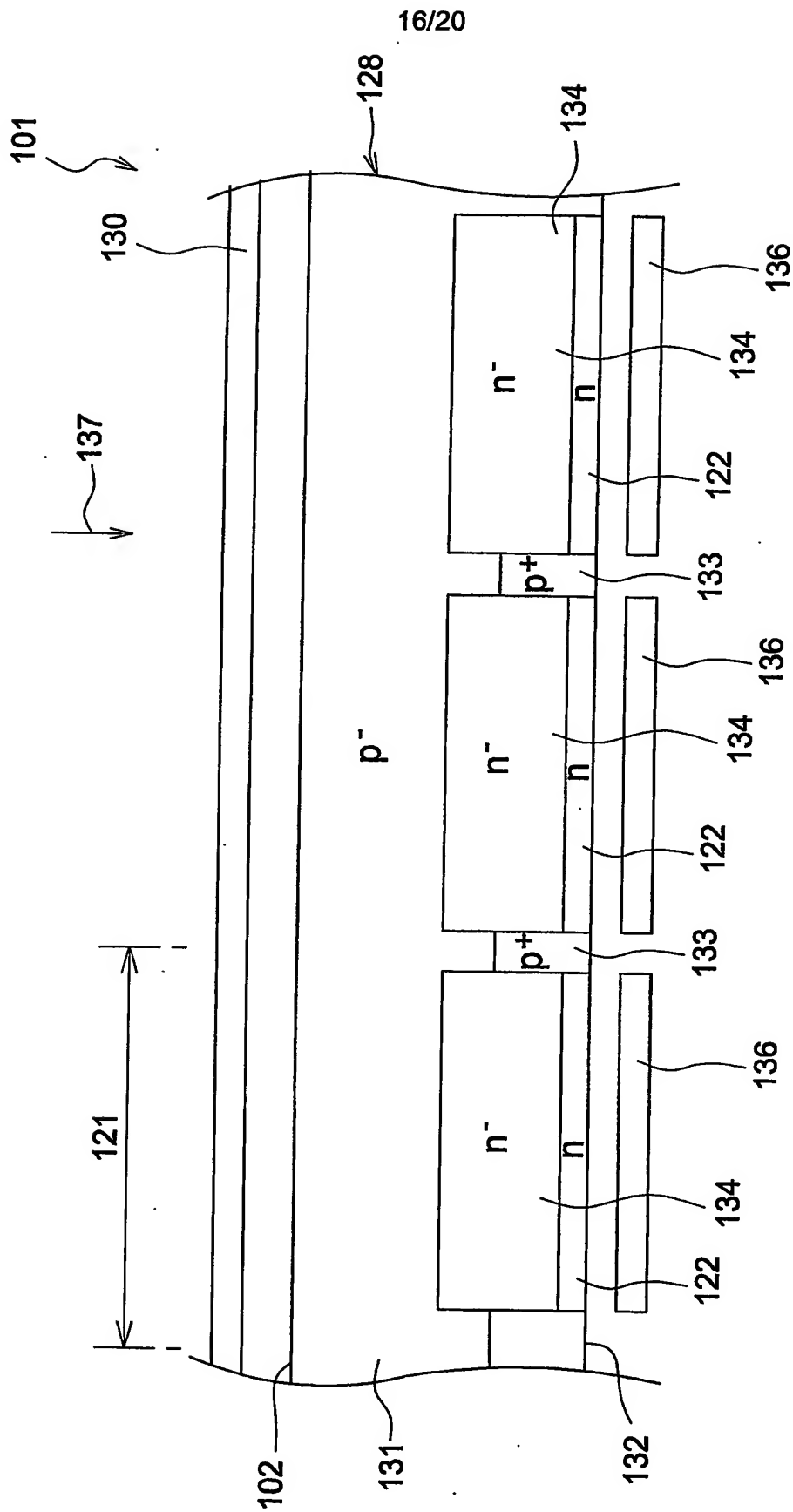


Fig.16



17/20

Fig.17

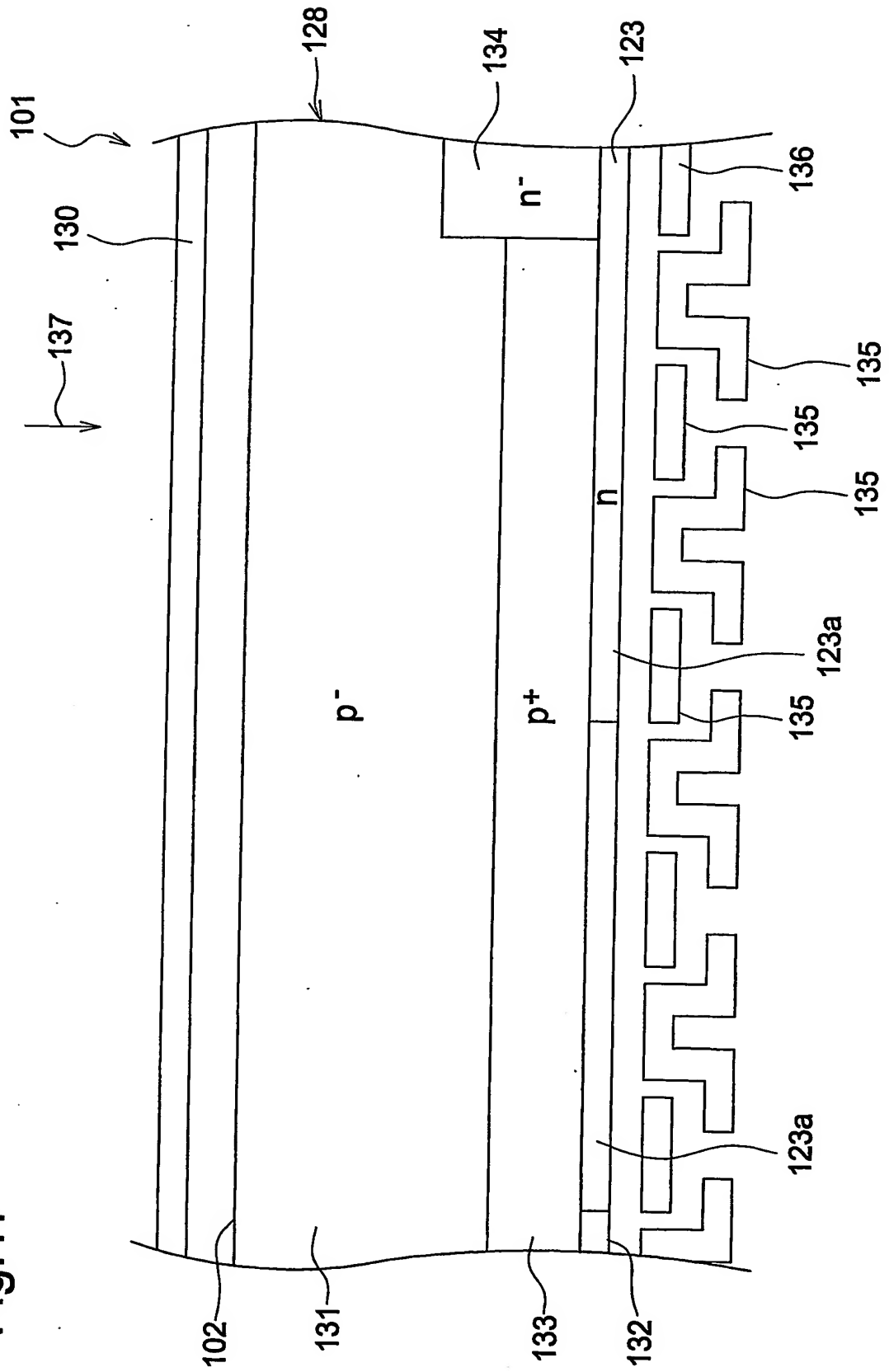


Fig.18

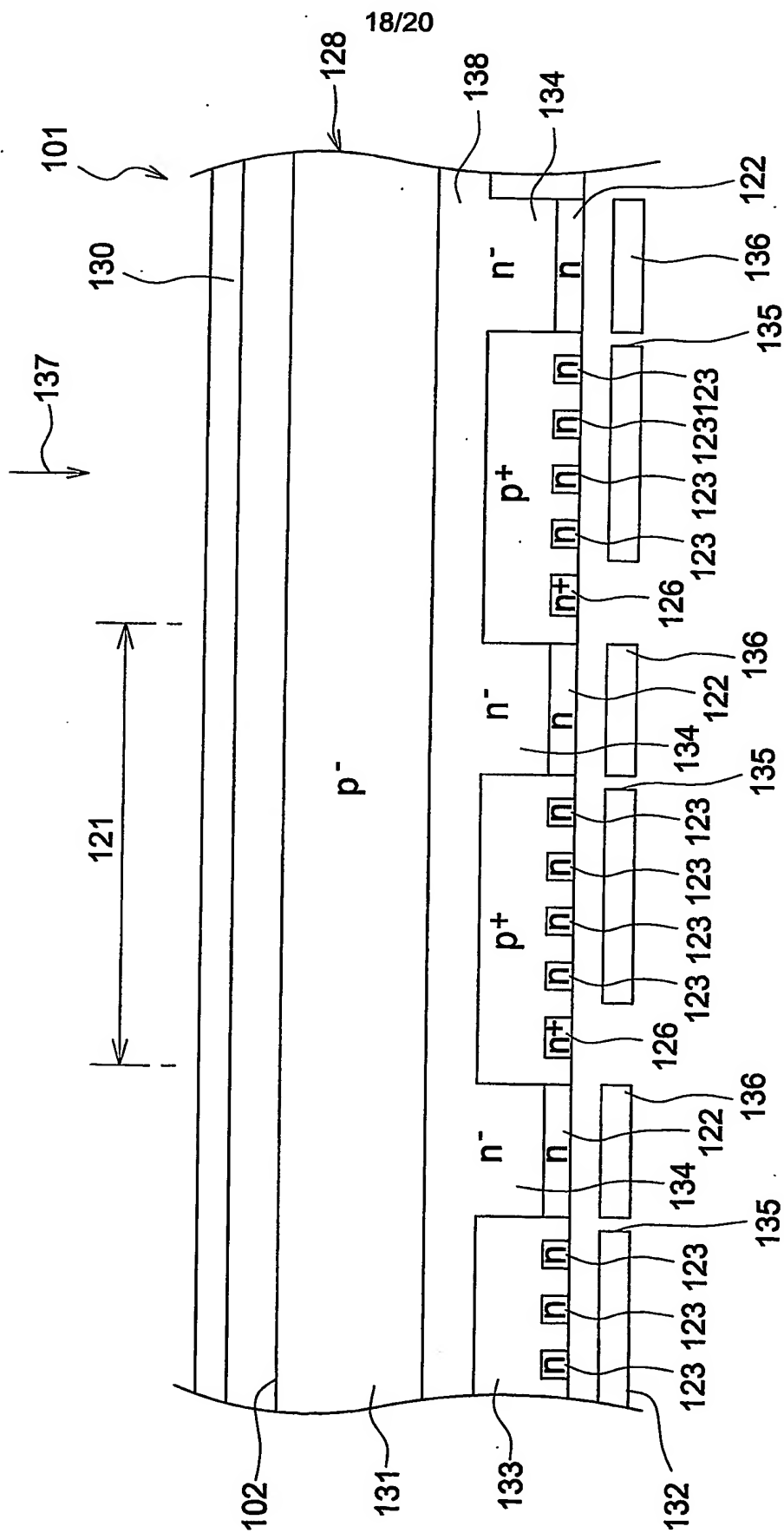
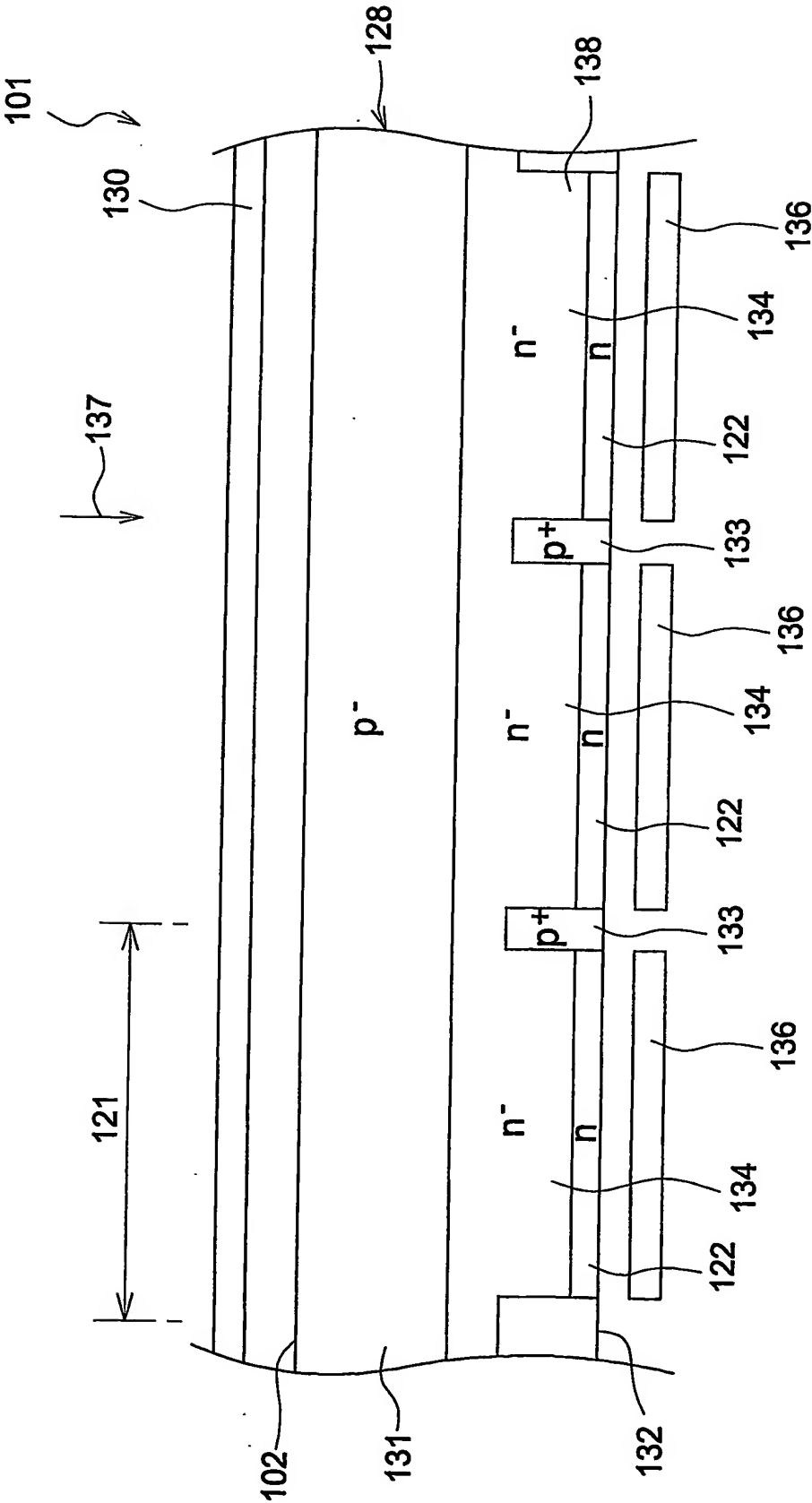


Fig.19



20/20

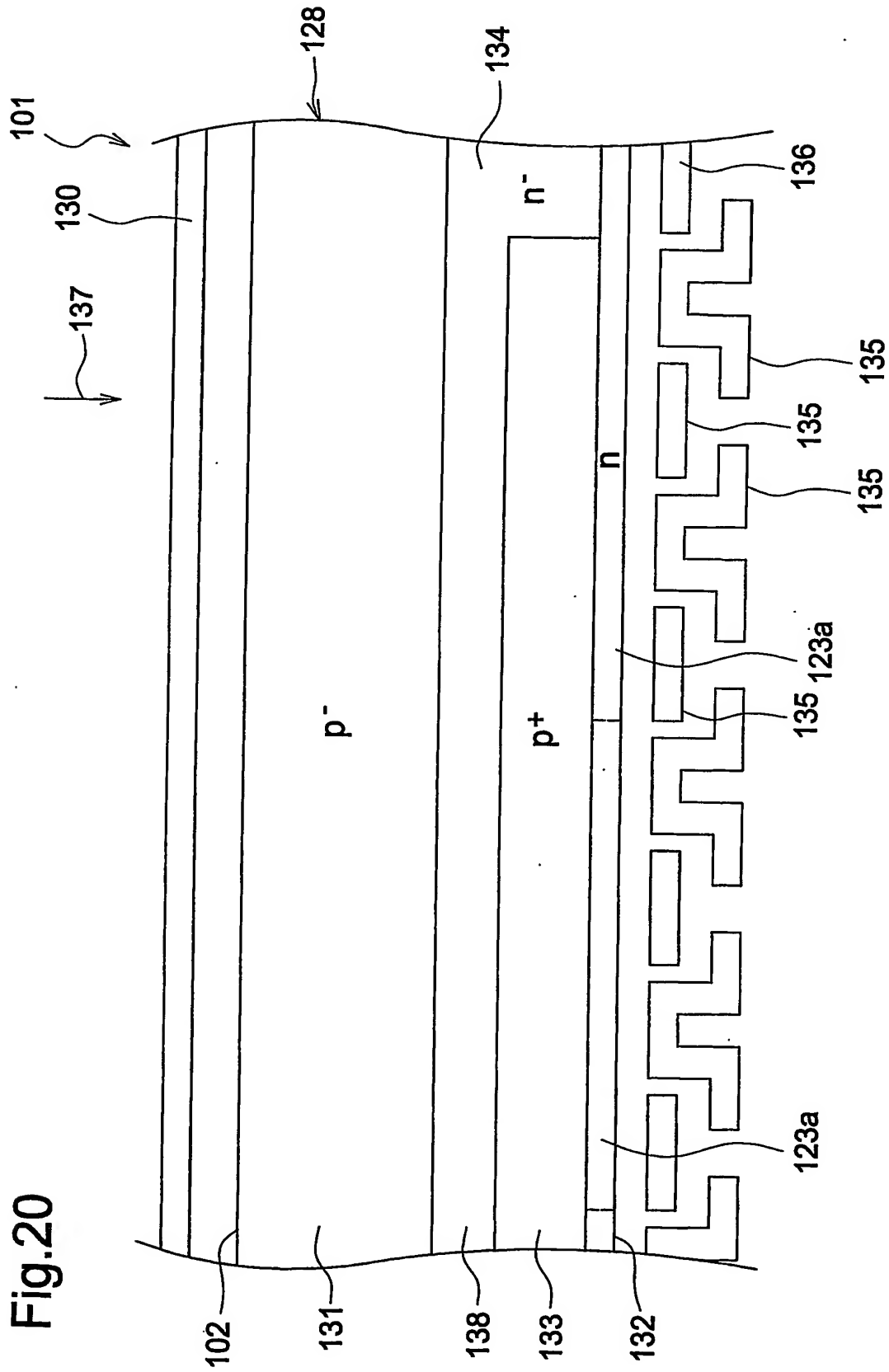


Fig.20

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.
PCT/JP03/16862

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER

Int.Cl⁷ H01L27/14, H01L27/146, H01L27/148

According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC

B. FIELDS SEARCHED

Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols)

Int.Cl⁷ H01L27/14, H01L27/146, H01L27/148

Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched

Jitsuyo Shinan Koho	1922-1996	Jitsuyo Shinan Toroku Koho	1996-2004
Kokai Jitsuyo Shinan Koho	1971-2004	Toroku Jitsuyo Shinan Koho	1994-2004

Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practicable, search terms used)

C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
X Y A	JP 09-082932 A (Hitachi, Ltd.), 28 March, 1997 (28.03.97), Full text & KR 97018448 A	1, 8. 2, 4, 5-7. 3
Y	JP 59-108465 A (Olympus Optical Co., Ltd.), 22 June, 1984 (22.06.84), Full text (Family: none)	2
Y	JP 2001-345441 A (Hideki MUTO), 14 December, 2001 (14.12.01), Full text & EP 1278246 A1 & US 2003/0089908 A & WO 01/73849 A1	4, 5

☒ Further documents are listed in the continuation of Box C. ☐ See patent family annex.

* Special categories of cited documents:	"T" later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention
"A" document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance	"X" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone
"E" earlier document but published on or after the international filing date	"Y" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art
"L" document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified)	"&" document member of the same patent family
"O" document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means	
"P" document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed	

Date of the actual completion of the international search
01 April, 2004 (01.04.04)

Date of mailing of the international search report
13 April, 2004 (13.04.04)

Name and mailing address of the ISA/
Japanese Patent Office

Authorized officer

Facsimile No.

Telephone No.

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP03/16862

C (Continuation). DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
Y	US 2002/0060741 A (NIKON CORP.), 23 March, 2002 (23.03.02), Full text & JP 2002-135659 A	4
Y	JP 2001-210812 A (Canon Inc.), 03 August, 2001 (03.08.01), Full text (Family: none)	6
Y	JP 2000-324400 A (Hitachi, Ltd.), 24 November, 2000 (24.11.00), Full text (Family: none)	7.
A	US 5907767 A (NEC CORP.), 25 May, 1999 (25.05.99), & JP 09-331052 A	1-8

A. 発明の属する分野の分類 (国際特許分類 (IPC))
Int. Cl¹ H01L27/14, H01L27/146, H01L27/148

B. 調査を行った分野

調査を行った最小限資料 (国際特許分類 (IPC))
Int. Cl¹ H01L27/14, H01L27/146, H01L27/148

最小限資料以外の資料で調査を行った分野に含まれるもの

日本国実用新案公報	1922-1996年
日本国公開実用新案公報	1971-2004年
日本国実用新案登録公報	1996-2004年
日本国登録実用新案公報	1994-2004年

国際調査で使用した電子データベース (データベースの名称、調査に使用した用語)

C. 関連すると認められる文献

引用文献の カテゴリー*	引用文献名 及び一部の箇所が関連するときは、その関連する箇所の表示	関連する 請求の範囲の番号
X Y A	JP 09-082932 A(株式会社日立製作所)1997. 03. 28, 全文 &KR 97018448 A	1, 8 2, 4, 5-7 3
Y	JP 59-108465 A(オリンパス光学工業株式会社)1984. 06. 22, 全文 (ファミリーなし)	2
Y	JP 2001-345441 A(武藤秀樹) 2001. 12. 14, 全文 &EP 1278246 A1&US 2003/0089908 A1&WO 01/73849 A1	4, 5

☒ C欄の続きにも文献が列挙されている。

☐ パテントファミリーに関する別紙を参照。

* 引用文献のカテゴリー

「A」特に関連のある文献ではなく、一般的技術水準を示すもの
「E」国際出願日前の出願または特許であるが、国際出願日以後に公表されたもの
「L」優先権主張に疑義を提起する文献又は他の文献の発行日若しくは他の特別な理由を確立するために引用する文献 (理由を付す)
「O」口頭による開示、使用、展示等に言及する文献
「P」国際出願日前で、かつ優先権の主張の基礎となる出願

の日の後に公表された文献
「T」国際出願日又は優先日後に公表された文献であって出願と矛盾するものではなく、発明の原理又は理論の理解のために引用するもの
「X」特に関連のある文献であって、当該文献のみで発明の新規性又は進歩性がないと考えられるもの
「Y」特に関連のある文献であって、当該文献と他の1以上の文献との、当業者にとって自明である組合せによって進歩性がないと考えられるもの
「&」同一パテントファミリー文献

国際調査を完了した日

01. 04. 2004

国際調査報告の発送日

13. 4. 2004

国際調査機関の名称及びあて先

日本国特許庁 (ISA/JP)

郵便番号100-8915

東京都千代田区霞が関三丁目4番3号

特許庁審査官 (権限のある職員)

栗野 正明

4M

9353

電話番号 03-3581-1101 内線 3462

C (続き) 関連すると認められる文献		
引用文献の カテゴリー*	引用文献名 及び一部の箇所が関連するときは、その関連する箇所の表示	関連する 請求の範囲の番号
Y	US 2002/0060741 A1 (NIKON CORPORATION) 2002. 03. 23, 全文 &JP 2002-135659 A	4
Y	JP 2001-210812 A (キャノン株式会社) 2001. 08. 03, 全文 (ファミリーなし)	6
Y	JP 2000-324400 A (株式会社日立製作所) 2000. 11. 24, 全文 (ファミリーなし)	7
A	US 5907767 A (NEC CORPORATION) 1999. 05. 25, 全文 &JP 09-331052 A	1-8